

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA



**CAMBIOS EN LA HEMOGLOBINA Y FERRITINA EN DONANTES DE SANGRE
TOTAL DESPUES DE 45 A 60 DÍAS DE LA DONACIÓN DURANTE EL PERIODO DE
AGOSTO-OCTUBRE 2014 EN LA CRUZ ROJA DE CHIMBORAZO, ECUADOR.**

Disertación previa a la obtención del título de Médico Cirujano.

Autoras:

Daniela Estefanía Barrigas Jácome

Fedra Daniela Vela Merino

Director Académico: Dr. Jaime Bolaños

Directora Metodológica: Dra. Pamela Cabezas

Quito, Noviembre del 2014

CONTENIDO

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO II	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
2.1. ERITROPOYESIS	21
2.1.1 Progenitores Eritroides	21
2.1.2. Serie eritroblástica	22
2.1.3. Reticulocitos	24
2.2. ERITROCITO	26
2.2.1. Estructura y forma	26
2.2.2. Supervivencia en circulación	27
2.3. HIERRO	28
2.3.1. Hierro sérico	28
2.3.2. Hierro en la dieta	29
2.3.3. Metabolismo del hierro en circulación	30
2.3.4. Metabolismo medular del hierro	32
2.3.5. Regulación intracelular del metabolismo del hierro	33

2.3.6. Reservorios de hierro	34
2.4. FERRITINA	36
2.4.1. Ferritina sérica	37
2.4.2. Ferritina eritrocitaria	40
2.4.3. Medición de la ferritina sérica	40
2.5. HEMODONACIÓN	42
2.5.1. Historia de la transfusión	42
2.5.2. Medicina transfusional	44
2.5.3. Donación de sangre	46
2.5.3.1. Tipos de donantes de sangre	46
2.5.3.2. Proceso de donación de sangre	48
2.5.3.3. Extracción y fraccionamiento de la sangre	51
2.5.3.4. Almacenamiento de la sangre	53
2.5.4. Complicaciones y efectos adversos de la donación	54
2.5.4.1. Efectos adversos o complicaciones inmediatos	55
2.5.4.2. Complicaciones a largo plazo	56
2.5.5. Impacto de la donación de sangre en el hierro corporal	58
2.5.6. Medición de hemoglobina por método HemoCue® HB 301	60
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	62
3.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	63
3.1.1. Objetivo principal	63
3.1.2. Objetivos secundarios	64
3.2. HIPÓTESIS	64
3.3. METODOLOGÍA	64

3.3.1 Operacionalización de variables del estudio	65
3.3.2. Cálculo de la Muestra	67
3.3.3. Procedimientos de recolección de información	68
3.3.4. Procedimientos de diagnóstico e intervención	68
3.3.5. Análisis de datos	69
3.4. ASPECTOS BIOÉTICOS	69
3.5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	70
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	71
4.1. ANALISIS DESCRIPTIVO	72
4.1.1. Caracterización demográfica de los donantes de la Cruz Roja de Chimborazo.	72
4.1.2. Media de hemoglobina pre y post donación	73
4.1.3. Descenso de la hemoglobina	74
4.1.4. Porcentaje de personas que presentaron valores de hemoglobina congruentes con anemia después de la donación	75
4.1.5. Medias de Ferritina sérica pre y post donación	76
4.1.6. Descenso de ferritina	77
4.1.7. Donantes con bajos niveles de ferritina antes y después de la donación.	78
4.2. ANALISIS BIVARIAL	79
4.2.1. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y el sexo del donante	79
4.2.2. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y la edad del donante	80
4.2.3. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y la historia de donación del donante	81
4.2.4. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la	

donación y sexo del donante	82
4.2.5. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la donación y la edad del donante	83
4.2.6. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la donación y la historia de donación del donante	84
CAPÍTULO V	
DISCUSIÓN	85
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6.1. CONCLUSIONES	89
6.2. RECOMENDACIONES	92
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	94
ANEXOS	100
A) Consentimiento informado	101
B) Hoja de ruta	104
C) Indicaciones para la administración de componentes sanguíneos	105
D) Gráficas de caracterización demográfica de la muestra de donantes	106

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, mi mayor bendición.

A mi familia entera, que desde el cielo y la tierra me dan su apoyo incondicional.

Y a Denis, *the better half of me*.

A mis amigos, mi segunda familia.

Fedra Daniela Vela Merino

DEDICATORIA

A Dios, mi guía y fuerza en todo tiempo.

A mis padres, que son el viento bajo mis alas.

A mis hermanos, por el apoyo y los momentos compartidos.

A mis amigos, cercanos y lejanos, quienes han sabido ver lo mejor de mí.

Daniela Estefanía Barrigas

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios que ha bendecido en cada paso de mi vida.

A mis padres que me han dado su amor incondicional, su confianza, y se han sacrificado para darme las mejores oportunidades.

A mis hermanos que me han ayudado de mil maneras en cada paso de mi vida.

A mis sobrinos que con su sola existencia alegran mi vida.

A mis tíos que me han dado su apoyo.

A mi abuelita, que desde el cielo me ilumina con su bondad y me ayuda a ser fuerte y valiente como ella.

A Denis, quien hizo una mejor versión de mí.

A mis queridos amigos, que me han enseñado cosas más allá de la medicina, que me hicieron amar esta etapa de la vida.

A Danny y su querida familia, con quien he compartido el final de este camino.

Gracias también a la Doctora Pamela Cabezas, Doctores Jaime Bolaños y Francisco Pérez por su valiosa guía en este trabajo. Al Doctor

Fedra Daniela Vela Merino

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, porque he podido ver su mano cada día, y es quien me permitió emprender este largo camino, que ahora concluyo.

A mis padres, por el incasable esfuerzo de cada día, el amor incondicional y por demostrarme que hay UNA SÓLA MANERA DE VIVIR.....

A mis hermanos, con quienes hemos compartido felicidad, tristeza, experiencias. Sin importar las circunstancias he visto su apoyo y ayuda.

A mis amigos, gracias por cada mano extendida, por cada palabra de aliento.

A Dani, mi amiga, con quien trabajamos hombro a hombro, y a su familia quien me abrió las puertas de su casa y nos apoyaron en este proyecto.

A todos los profesores de la facultad, en especial a los doctores Jaime Bolaños, Pamela Cabezas y Francisco Pérez, por su disposición y colaboración.

Daniela Estefanía Barrigas

RESUMEN

La donación de sangre es un acto voluntario en el cual el donador podría experimentar efectos adversos, los cuales pueden ser de poca repercusión sobre el donante con pronta recuperación y sin dejar secuelas. Sin embargo, también podrían trascender en el tiempo e intensificándose con donaciones subsecuentes.

La donación de sangre produce una pérdida sustancial de hierro y genera una movilización posterior de las reservas de hierro corporal que generalmente son escasas, por lo que la depleción de hierro se presenta con mayor frecuencia en donantes de sangre.

Objetivo:

Evaluar posibles cambios en la hemoglobina y ferritina sérica de acuerdo con el sexo, historia de donaciones previas y edad, en donantes de sangre en la Cruz Roja de Chimborazo, luego de 45 a 60 días posteriores a la donación.

Metodología:

Se realizará un estudio observacional, prospectivo comparativo en 100 donantes de sangre, de agosto a octubre del 2014 de la Cruz Roja de Chimborazo, en quienes se medirá hemoglobina mediante HemoCue® y el valor de ferritina sérica mediante inmunoensayo de electroquimioluminiscencia. Estos parámetros se medirán en dos tiempos separados por

45 a 60 días. Las variables son: historia de donaciones previas, sexo y grupos etarios. Se realizará una comparación individual de cada donador entre las dos tomas.

Resultados:

Respecto a la hemoglobina, inicialmente se encontró una media de 15.96 g/dL, tras aproximadamente 58.7 días de manera global descendió un 4.07% de su valor basal, tras este periodo encontramos una media de 15.30 g/dL.

Para donar sangre se aceptan valores de hemoglobina de 14 a 18 g/dL, por lo que inicialmente nadie presentó valores fuera de este rango. Sin embargo en el control, 17.7% de la muestra presentó anemia, expresada a través del nivel de hemoglobina acorde a sexo.

La ferritina tuvo un descenso importante. La media de ferritina pre donación fue de 113.58µg/L, tras 45 a 60 días de la donación hubo un descenso de 47.71% del valor inicial, con lo cual post donación esta fue de 59.38µg/L.

Al momento de la donación 5.20% presentaron niveles de ferritina inferiores a los recomendables, luego de 58.9 días este porcentaje ascendió a 22.91%.

Las mujeres tienen 14.64 probabilidades más que los hombres de desarrollar déficit de ferritina, de la misma manera las personas de 30 años o menos tienen 3.52 veces más probabilidad de llegar a niveles bajos de ferritina que los donantes mayores de 30 años, ambas relaciones son estadísticamente significativas.

Respecto a la relación de desarrollo de anemia con sexo, grupos etarios y donaciones previas, no mostró significancia estadística, al igual que la relación entre niveles bajos de ferritina post donación y donaciones previas.

Conclusiones y recomendaciones:

La frecuencia de déficit de ferritina encontrada en este estudio sugiere que la determinación de hemoglobina como prueba única para aceptación de donantes de sangre no basta para identificar y excluir a individuos con deficiencia de hierro.

Hay grupos de riesgo en los cuales la donación de sangre no es del todo inocua, en nuestro estudio se identifica a las mujeres y donantes a repetición, estos deben ser identificados claramente para tomar medidas a fin de prevenir efectos adversos.

Las entidades relacionadas con el manejo de bancos de sangre deben plantear programas especiales dirigidos a grupos de riesgo identificados, con mediciones periódicas de ferritina sérica, evaluando una posible disminución en la frecuencia de la donación, así como educación sobre el tema, con especial atención en la importancia de desarrollar hábitos alimentarios adecuados, toma de suplementos ricos en hierro o ambos, para preservar la salud de sus donantes.

La frecuencia de donaciones permitidas al año debe ser individualizada con criterios más específicos que el sexo.

ABSTRACT

Blood donation is a voluntary act in which the donor may experience side effects, which have a small impact on the donor speedy recovery without any consequences. However, they could also transcend time and intensify with subsequent donations.

Donating blood causes a substantial loss of iron and generates a subsequent mobilisation of body iron stores are usually scarce, so iron depletion occurs more frequently in blood donors.

Objective:

Evaluate possible changes in haemoglobin and serum ferritin according to gender, history of previous donations and age, blood donors in the Cruz Roja de Chimborazo, after 45-60 days after the donation.

Methodology:

A comparative, prospective, observational study of 100 blood donors, from August to October 2014 at the Cruz Roja de Chimborazo, in whom haemoglobin was measured by HemoCue® and the value of serum ferritin by electrochemiluminescence immunoassay was performed. These parameters were measured in two separate occasions for 45 days to 60 days. The variables are: history of previous donations, gender and age groups. Individual comparison of each donor between the two shots will be done.

Results:

With respect to haemoglobin, initially an average of 15.96 g/dL was found, after about 58.7 days globally fell by 4.07% from baseline, after this period we find an average of 15.30 g/dL.

In order to donate blood haemoglobin levels of 14-18 g/dL are accepted, initially no donors showed values outside this range. However in the control, 17.7% of the sample presented anaemia, expressed through haemoglobin level according to the gender of the donors.

Ferritin had a significant decline. The average value of ferritin before the donations took place was 113.58 µg/L and after 45-60 days of the donation it was a decrease to 47.71% from baseline, which was after this donation 59.38 µg/L.

At the time of donation 5.20% had levels below the recommended ferritin amount, after 58.9 days this percentage increased to 22.91%.

Women are 14.64 times more likely to develop ferritin deficiency than men, just as donors that are 30 years or younger are 3.52 times more likely to reach low levels of ferritin in comparison to donors over 30 years, both relationships are statistically significant.

Regarding the relationship of developing anaemia based on gender, age groups and previous donations, it showed no statistical significance, as well as the relationship between low levels of ferritin and age post donation.

Conclusions and Recommendations:

The frequency of ferritin deficits found in this study suggests that the determination of haemoglobin as the only test for blood donor acceptance is not sufficiently enough to be able to identify and exclude individuals with iron deficiency.

The study shows there is a risk group in which blood donation is not entirely harmless. The study identifies women and repetitive donors, these two types of donors should be clearly identified to take measures to prevent any adverse effects.

Entities related to the management of blood banks must raise special programs for identified risk groups with periodic measurements of serum ferritin, evaluating a possible decrease in the frequency of donation, as well as education on the subject. In accordance to preserve the health of the donors there should be special attention to the importance of developing appropriate eating habits as well as taking food supplements that are rich in iron.

The frequency of donations allowed per year should be individualized with a more specific criteria rather than just based on the gender of the donor.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de hierro es la enfermedad carencial de mayor prevalencia a nivel mundial, más de tres mil millones de personas presentan algún grado de déficit de este nutriente y el grupo poblacional más afectado son las mujeres en edad fértil (46 %) especialmente en países no industrializados (38).

La eritropoyesis utiliza en esencia el reciclaje como principal fuente de hierro en el adulto; la absorción de 1-2 mg de hierro por día es importante para reponer las pérdidas, esta cantidad puede duplicarse en los estados carenciales o cuando aumentan los requerimientos (38).

En las mujeres con ciclos menstruales quienes presentan pérdidas importantes, se observa mayor requerimiento de hierro que en los hombres de la misma edad, por lo que constituyen un grupo de alta vulnerabilidad para el desarrollo de ferropenia.

La cuantificación de la ferritina sérica en sangre se utiliza para el diagnóstico de ferropenia latente, considerada como primera fase del inicio de anemia ferropénica; en ausencia de procesos degenerativos crónicos, inflamatorios o infecciosos, su valor es proporcional a los depósitos de hierro e indica la cantidad de hierro nutricional (38).

La donación como acto voluntario es aparentemente inocua a la salud dependiendo de la condición del donante, ya que en sujetos con reservas de hierro suficientes no produciría ningún trastorno carencial posterior, pero si las condiciones del sujeto fueran opuestas, e indetectables en un examen no riguroso, la donación deja de ser inocua.

En el Ecuador, la Cruz Roja es quien capta el 70% de las donaciones, siendo así aproximadamente 135000 pintas de sangre donadas de manera voluntaria al año y 25000 donaciones compensatorias al año, estas últimas son realizadas de forma intrahospitalaria.

Aunque es un gran número de donaciones, Ecuador no ha logrado el número meta de donantes voluntarios que la OMS ha propuesto para nuestro país, (se aspira a 25 donantes por cada 1000 habitantes, actualmente existen 14 por cada 1000 habitantes).

La Cruz Roja ha evolucionado notablemente a través de los años, mejorando la seguridad de donantes y beneficiarios de hemocomponentes, un ejemplo de esto es el cambio de tipo de donantes, que hasta julio del 2013 se receptaba donantes compensatorios, lo cual suponía una desventaja, ya que este tipo de donantes al formar parte de una retribución pueden modificar sus respuestas del cuestionario de selección para ser aceptados, lo cual representaba una disminución de la seguridad en la donación. Desde agosto del mismo año únicamente se aceptan donantes voluntarios, los cuales son ideales, ya que al tener un objetivo totalmente altruista sin ánimo de buscar un beneficio, responden con más sinceridad a las preguntas de selección y su sangre es más segura.

Hasta julio del 2013 había un promedio de 40.41% de donantes voluntarios y un 59.58% de donantes compensatorios, con el cambio mencionado actualmente la sangre procedente del Banco de Sangre de la Cruz Roja de Chimborazo proviene 100% de donantes voluntarios. Por esto los esfuerzos por recolectar la cantidad suficiente de sangre se han multiplicado, dado que como vemos antes la mayoría de hemocomponentes provenía de donantes compensatorios, sin embargo gracias a la gestión de la Cruz Roja de Chimborazo y a la gente altruista de esta ciudad, el número de donantes receptados mes a mes no ha sufrido una variación significativa, con lo cual el suministro de hemocomponentes no se ha visto afectado.

“La vida de la carne está en la sangre, la sangre es la razón de la vida”

Levítico (17:11-12)

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ERITROPOYESIS

El eritrocito, conjuntamente con sus progenitores forman la serie roja de la sangre. Estas células provienen de células madre pluripotenciales e indiferenciadas.

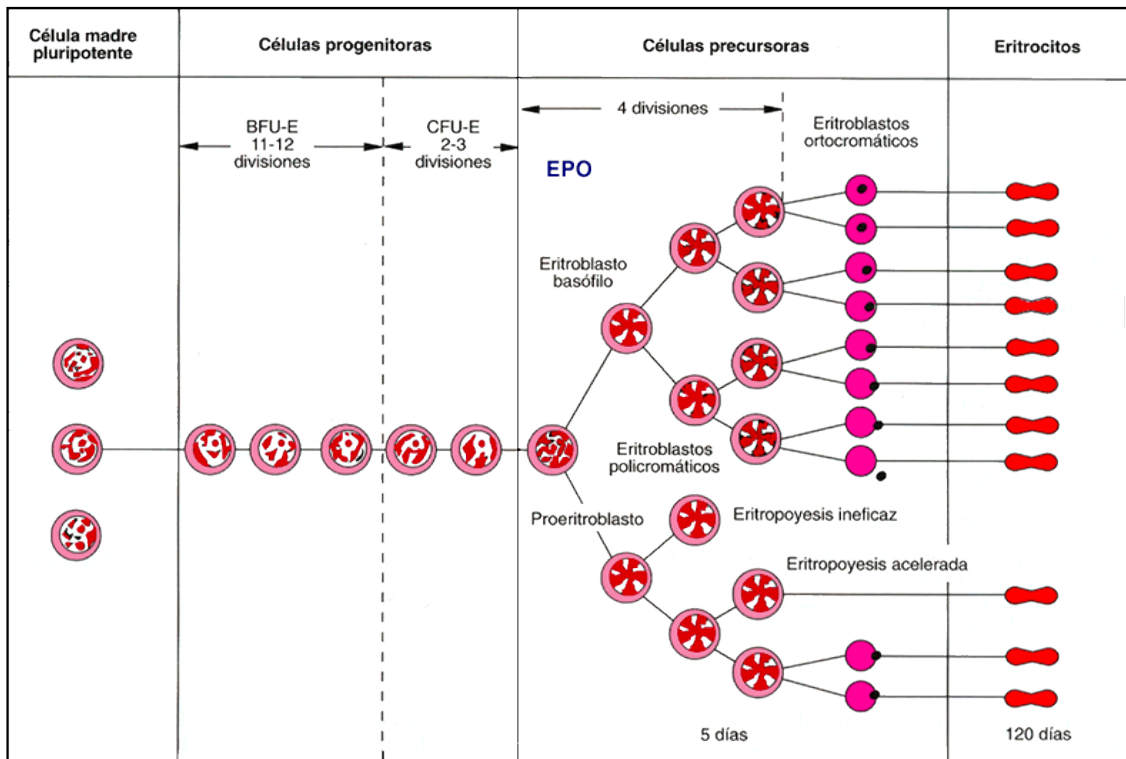


Figura 1. Esquema representativo de eritropoyesis. A partir de una célula madre pluripotente se generan progenitores eritroides que sufren diferentes estadios de diferenciación hasta convertirse en eritrocitos maduros. (24)

2.1.1 Progenitores Eritroides

1. Unidad formadora de estallidos eritroides (BFU-E)

Célula caracterizada por su capacidad para crear una “explosión” en medios nutritivos semisólidos, es decir, una colonia de varios cientos de células.

2. Unidad formadora de colonias de eritrocitos (CFU-E)

Mientras progresa la maduración, se desarrolla este progenitor tardío, el cual es muy sensible a la eritropoyetina (EPO).

3. Isla eritroblastica

Es la unidad eritropoyética del adulto, es una estructura frágil, y está formada por uno o dos macrófagos localizados en el centro y rodeado por células eritroides en maduración; esta adhesión se produce en el estadio de CFU-E. Conforme progresa la maduración de los eritroblastos se mueven en las extensiones citoplasmáticas del macrófago alejándose del centro. Cuando la maduración está casi completa, el eritroblasto hace contacto con una célula endotelial, pasa a través de un poro de su citoplasma y se integra a circulación. El núcleo es expulsado antes de salir de la médula ósea.

2.1.2. Serie eritroblástica

1. Proeritroblastos

Es una gran célula de 20 a 25 μm , ovalada, irregular. Su núcleo cubre el 80% de su área, con cromatina fina distribuida en grupos. Uno o varios nucléolos. Tienen abundantes polirribosomas, la cual le da su característica basófila al citoplasma. Las moléculas de ferritina se encuentran dispersas en el citoplasma y en los gránulos del Aparato de Golgi. Desde esta etapa ya se puede confirmar la presencia de hemoglobina.

2. Eritroblastos basófilos

Miden entre 16 y 18 μm , el núcleo ocupa el 75% del citoplasma y está compuesto por heterocromatina violeta oscura mezclada con eucromatina. El citoplasma es de color azul debida a los polirribosomas.

3. Eritroblastos policromatófilos

Miden de 12 a 15 μm . El núcleo ocupa menos del 50% del área. La heterocromatina está en agrupaciones bien definidas similar a cuadrícula. El nucléolo se pierde.

Tras la segunda división mitótica de la serie eritropoyética el citoplasma cambia a rosa, porque la hemoglobina se diluye dentro del polirribosoma. Además, en el citoplasma encontramos sideromas junto con moléculas de ferritina. En esta etapa el hierro se incorpora al interior de la protoporfirina.

El Aparato de Golgi se hace más pequeño y contiene lisosomas.

4. Eritroblastos ortocrómicos

Mide de 10 a 15 μm . Es una célula muy móvil. Después de la división mitótica final de la serie eritropoyética, aumenta la concentración de hemoglobina en el eritroblasto. El núcleo es muy pequeño, opaco y sin forma, ocupa el 25% de la célula, excéntrico. La heterocromatina forma grandes masas. La hemoglobina se presenta dentro del núcleo.

Los ribosomas se dispersan en dirribosomas y monorribosomas, las mitocondrias se reducen en número y tamaño.

2.1.3. Reticulocitos

1. Nacimiento

Existen cambios preparativos para la enucleación, como son la desaparición de los filamentos intermedios y la banda marginal de microtúbulos y la concentración de tubulina y actina.

Para la expulsión del núcleo se necesita contracciones vigorosas, después de las cuales se produce una división en dos partes; en la más pequeña se encuentra el núcleo con un halo de citoplasma y hemoglobina. La enucleación puede ocurrir aún en parte de una isla eritroblástica o en el paso a través de la pared de un seno medular.

El reticulocito puede salir de la médula por mecanismos que aún no se conocen con precisión.

2. Maduración

En circulación, el reticulocito retiene las mitocondrias, algunos ribosomas, el centriolo y restos del Aparato de Golgi.

La maduración del reticulocito dura aproximadamente 24 a 48 h. En este tiempo se sintetizará el 20% del resto de la hemoglobina contenida en el eritrocito y se completará el ensamblaje de esqueleto que está bajo la membrana.

Además, durante la maduración disminuye la síntesis de proteínas, y los polirribosomas se convierten en monorribosomas. Paralelamente se pierden los receptores de transferrina y desaparece la capacidad de endocitosis (22).

2.2. ERITROCITO

2.2.1. Estructura y forma

La forma final del eritrocito normal es un disco bicóncavo. Tiene un diámetro de 7,5 a 8,7 μm , el cual disminuye ligeramente con la edad. Volumen aproximado de 90 fL y área superficial de 136 μm^2 . Cada célula contiene entre 27 y 32 pg de hemoglobina, lo cual corresponde al 33% del volumen del eritrocito y al 90% de su peso seco (45).

El eritrocito normal se tiñe de marrón-rojizo con la tinción de Wright y de rosa con la tinción Giemsa.

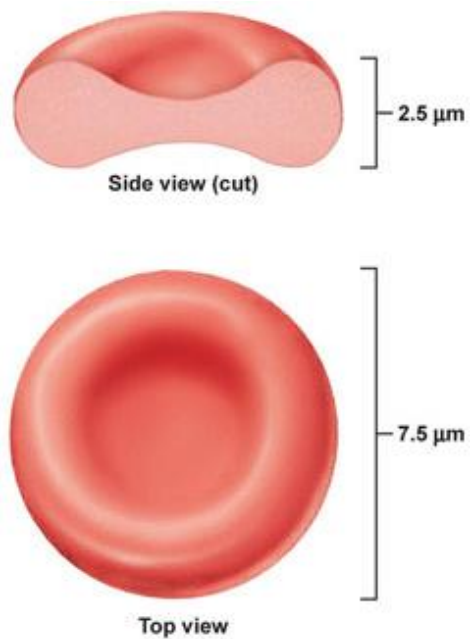


Figura 2. Eritrocito forma y dimensiones.

2.2.2. Supervivencia en circulación

En circulación, el eritrocito pasa la mayor parte de tiempo en el interior de los capilares de la microcirculación. Durante los 100 a 120 días viajan aproximadamente unos 250 Km. Sobreviven tanto tiempo, porque los golpes producidos en la pared de contacto son amortiguados por el contenido viscoso de hemoglobina en el interior de la membrana.

La deformabilidad del eritrocito, es otro determinante para la supervivencia del eritrocito, la cual depende de la deformabilidad intrínseca de la membrana, la viscosidad interna y la relación superficie-volumen de la célula (22).

2.3. HIERRO

El hierro cumple un papel importante, principalmente en las reacciones de transferencia de electrones. La mayor parte del hierro en el cuerpo se encuentra dentro de los eritrocitos, los cuales contienen 1 mg de hierro por cada 1 ml de células. El hierro es almacenado en forma de ferritina y de hemosiderina en el eritrocito (22). En el hombre adulto las reservas corporales de hierro pueden ir de 0-15 mg/Kg, varían con la edad, género o presencia de estados inflamatorios. (39)

2.3.1. Hierro sérico

El rango normal para varones es de 13 a 31 $\mu\text{mol/L}$ (75 a 175 $\mu\text{g/dL}$) y para las mujeres es de alrededor de 2 $\mu\text{mol/L}$ (10 $\mu\text{g/dL}$) más bajo que en hombres.

El nivel de hierro en plasma está sujeto a algunas variables, las cuales pueden alterar los resultados sustancialmente. Algunas son: Cristal mal procesado, contaminación de reactivos con hierro, turbidez y atrapamiento de hierro en proteínas plasmáticas. También puede verse afectado el nivel de hierro plasmático por procesos patológicos y fisiológicos. Fisiológicamente, el hierro tiene un ciclo, en el cual disminuye por la tarde con su nadir a las 9 pm y alcanzando su pico entre las 7 y 10 am. En la menstruación disminuyen sus valores. Entre los procesos patológicos tenemos, los procesos inflamatorios, los cuales disminuyen el hierro plasmático (22).

2.3.2. Hierro en la dieta

La cantidad de hierro en la dieta es variable. Para compensar la pérdida de hierro, se lo obtiene mediante la dieta. La pérdida de hierro es mínima, y se la excreta principalmente en las heces, es de aproximadamente 1 mg al día.

Existen mayores necesidades de hierro en periodos como el crecimiento y cuando existe pérdida sanguínea.

En mujeres, se debe absorber mayor cantidad de hierro para reemplazar lo perdido en la menstruación, o durante el embarazo.

El grupo hemo (de la hemoglobina y mioglobina) comprende el un tercio del hierro de la dieta.

Cuadro 1. Necesidades diarias mínimas de hierro.

	Cantidades que deben ser absorbidas diariamente para la síntesis de hemoglobina, mg	Cantidades mínimas que deben ser ingeridas diariamente, mg
Bebés	1	10
Niños	0,5	5
Mujeres jóvenes no embarazadas	2	20
Mujeres embarazadas	3	30
Hombre y mujeres posmenopáusicos	1	10

Fuente: Williams. Hematología, 2007. Pag 229.

2.3.3. Metabolismo del hierro en circulación

1. Absorción del hierro

El mecanismo por el cual es absorbido en el intestino no está totalmente dilucidado.

El hierro se absorbe en el borde en cepillo de las células epiteliales de las vellosidades intestinales, en el duodeno y al principio del yeyuno. Es absorbido en forma de hemo o como iones férrico o ferroso.

Poca cantidad del hemo absorbido pasa directamente al plasma. El resto del hemo en los microsomas es transformado en biliverdina, CO y Fe^{3+} .

El hierro férrico de la dieta es estabilizado por el jugo gástrico ($\text{pH} < 3$), para que este no precipite como un hidróxido férrico insoluble. La bilis también facilita la absorción de hierro.

En el interior de las microvellosidades, el hierro férrico es transformado a ferroso por una reductasa férrica.

La hepaestina es una proteína transmembrana de la membrana basal de la célula epitelial, que permite la liberación del hierro al plasma.

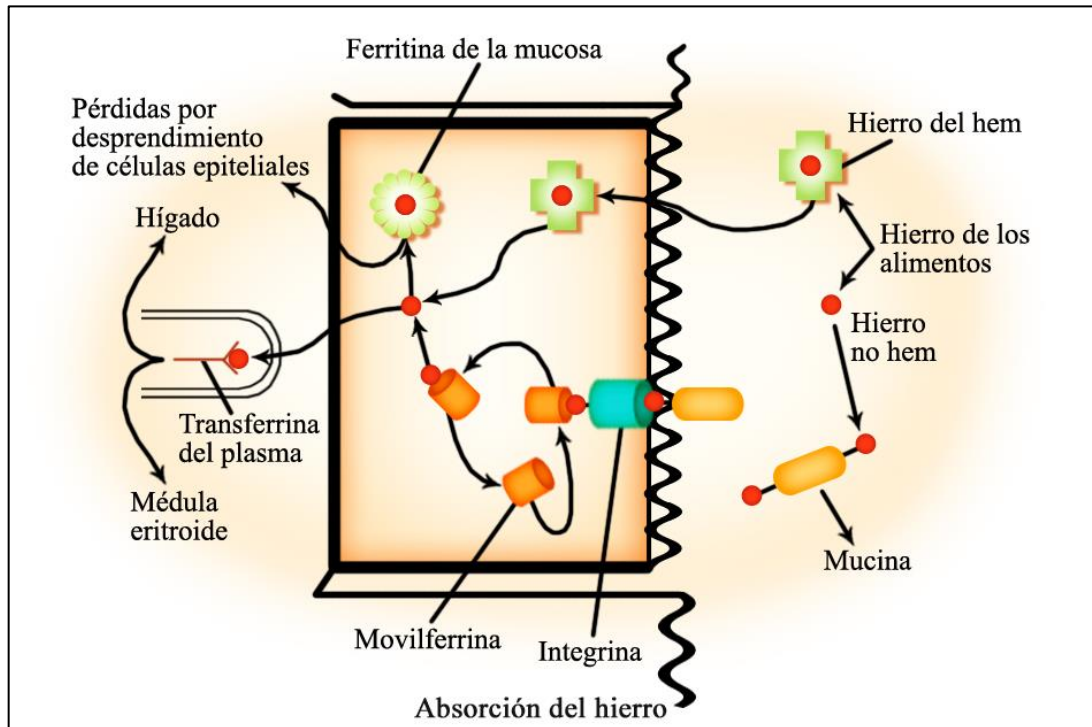


Figura 3. Mecanismo de absorción del hierro, destacándose el papel de las proteínas transportadoras en la luz intestinal (mucina), intracelular (movilferrina) y en el plasma (transferrina). (23)

En las células de las criptas epiteliales, la proteína HFE y el receptor de transferrina (rTf) se recolocan en el retículo endoplásmico perinuclear. Ambas son reguladoras de la captación del hierro, ya que estas son programadas dentro de las células epiteliales para que cuando migren a las vellosidades se conviertan en células de absorción con una captación programada.

El hierro puede también ser captado por la ferritina dentro de las células del tracto gastrointestinal.

Las células que avanzan a la cresta de la vellosidad, se desprende y se excreta en las heces con el hierro contenido.

El déficit del hierro aumenta la absorción en el intestino y si se encuentra en exceso, esta disminuye.

No se conoce el mecanismo por el cual en caso de hepatopatía crónica, aumenta la absorción de hierro.

2. Transporte del hierro

Dentro del cuerpo, el hierro entra en un circuito casi indefinidamente, desde el plasma al eritroblasto en formación, luego a la sangre circulante por 4 meses aproximadamente, luego a los macrófagos fagocíticos quienes lo liberan de la hemoglobina y vuelve al plasma (22).

2.3.4. Metabolismo medular del hierro

Los eritrocitos viejos y dañados son atrapados en la microcirculación medular, donde son fagocitados por los macrófagos. Las enzimas líticas de los lisosomas son liberadas en el fagosoma primario del macrófago. El hierro eritrocitario se transforma en agregados de ferritina.

La membrana externa de los eritroblastos tiene receptores de transferrina sobre fosas recubiertas de clatrina. Se une la transferrina a estos receptores, produciendo una invaginación y formación de vesículas intracitoplasmáticas, las cuales se unen con los lisosomas formando endosomas. Dentro del endosoma el hierro de la transferrina pasa a la

mobilferrina, la cual enlaza el hierro a los lugares de formación de la hemoglobina. La apotransferrina vuelve a la membrana celular y se libera al medio extracelular. Las moléculas de ferritina son endocitadas en las mismas fosas por los eritroblastos. En este sistema de transferencia de hierro, se calcula que se transfiere 1000 veces más hierro por la vía de la ferritina que por la transferrina.

En los precursores eritroides precoces, la ferritina citosólica es usada para sintetizar la hemoglobina, y en los eritroblastos maduros, es un almacén de hierro.

Hierro en el eritroblasto: Dentro del eritroblasto, el hierro debe ser transportado hacia la mitocondria para ser incorporado al Hemo o captado por la Ferritina en el interior de los siderosomas. Para cumplir este objetivo, la proteína TMD1 (transportador de metales divalentes 1) que está dentro de la vesícula produce la liberación del Fe^{3+} al citosol, y este es captado por la mitocondria para la síntesis de grupo Hemo.

2.3.5. Regulación intracelular del metabolismo del hierro

La regulación de la síntesis de apoferritina, del rTf, de apotransferrina, del TMD1 y de otras proteínas que son importantes en el metabolismo del hierro, se realiza a nivel de la traducción del ARN mitocondrial por los ribosomas.

2.3.6. Reservorios de hierro

Cuadro 2. Depósitos de hierro en el hombre normal (peso 70 Kg y talla 1,77 m).

Reservorio	Contenido de hierro, mg	Hierro corporal total (%)
Hierro de la hemoglobina	2000	67
Reservas de hierro (ferritina, hemosiderina)	1000	27
Hierro de la mioglobina	130	3,5
Reserva inestable	80	2,2
Otros tejidos con hierro	8	0,2
Hierro transportado	3	0,08

Fuente: Williams. Hematología, 2007. Pag 228.

1. Hemoglobina

En un hombre, la hemoglobina contiene 2 g del hierro, y en mujeres 1,5 g. Lo cual constituye un 67% del hierro corporal.

2. Reservas de hierro

El hierro se almacena en el cuerpo en dos formas:

- **Ferritina:** es hidrosoluble, está compuesto por un núcleo de cristal de ferrohídrata en el interior de una cubierta de apoferritina. Esta última está compuesta por 24 subunidades dispuestas en 12 dímeros formando un dodecaedro. Los monómeros de apoferritina son de tipo H o L. Los L tienen 15 residuos hidrofílicos que pueden unirse al hierro. Y los H, tienen menos residuos hidrofílicos, pero tiene un grupo histidilo fijador del hierro que contribuye al poro intermonomérico. En el hígado y bazo, la ferritina es la

principal forma de reserva. La concentración plasmática se correlacionan con la reserva total del hierro corporal.

- **Hemosiderina:** Está principalmente en macrófagos del Sistema Monocito-macrófago. Contiene entre 25 y 30% del hierro corporal.

3. Mioglobina

Similar a la hemoglobina, pero es monomérica. Está en pequeñas cantidades en las células del músculo esquelético y cardíaco.

4. Hierro tisular

Cantidad aproximada de 6 a 8 mg. Comprende a los citocromos y las enzimas. Es un depósito sensible al déficit de hierro.

5. Hierro transportado

Es el reservorio más pequeño, pero es el más activo. Por este medio existe intercambio entre los diferentes reservorios. Para este fin, las transferrinas y lactoferrinas, transportan el hierro en el plasma y la leche, respectivamente.

La apotransferrina (transferrina sin hierro) es sintetizada por los hepatocitos y por las células del sistema monocito-macrófago.

2.4. FERRITINA

Es una proteína de 440 kDa compuesta por 243 subunidades dispuestas con forma de esfera hueca. La cavidad central puede contener 4500 átomos de hierro en forma de partículas electrodensas de alrededor de 6nm. Los núcleos de hierro están dispuestos en forma hexagonal. (22)

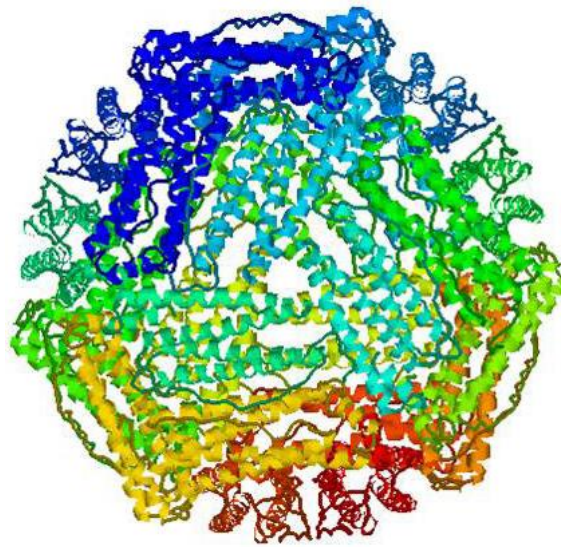


Figura 4. Estructura de la Ferritina

principal función de la ferritina consiste en acumular hierro intracelular, protegiendo así a las células de los efectos tóxicos del hierro no conjugado; también representa un reservorio de hierro fácilmente liberado. La ferritina en el organismo se encuentra más abundantemente en los hepatocitos y en el sistema reticuloendotelial del hígado, del bazo y de la médula ósea. Pequeñas cantidades de ferritina también se encuentran en el corazón, en el páncreas y en los riñones. Pequeñas pero significativas cantidades se encuentran en el suero humano.

La ferritina es una proteína que además de funcionar como reserva transitoria del hierro, también actúa como detoxificadora al evitar la formación de radicales libres; la cantidad sintetizada de ferritina es proporcional al hierro celular disponible. El 60% de las reservas de hierro se encuentran en el hígado y el porcentaje restante en el tejido muscular, principalmente en las células del sistema reticuloendotelial y en otros tipos celulares (39).

El papel exacto de la ferritina sérica no se conoce, sin embargo existe una estrecha correlación entre las concentraciones séricas de esta proteína y el estado de las reservas corporales de hierro (36).

2.4.1. Ferritina sérica

La concentración de ferritina se correlaciona con los depósitos de hierro de la totalidad del cuerpo (22). Una concentración de ferritina en suero baja refleja una disminución de dichas reservas. (33)

Las concentraciones normales de ferritina dependen del sexo y edad. Estas son elevadas al nacer, aumentan durante los dos primeros meses de vida y después se reducen durante el primer año (34). Al año de edad las concentraciones empiezan a aumentar de nuevo hasta la edad adulta (35).

En la adolescencia los varones presentan mayores concentraciones que las mujeres. Este patrón persiste hasta finales de la edad adulta. En los varones las concentraciones alcanzan el máximo entre los 30 a 39 años de edad y luego se mantienen constantes hasta

aproximadamente los 70 años de edad. En las mujeres las concentraciones de ferritina en suero se mantienen relativamente bajas hasta la menopausia y después aumentan (35).

El contenido corporal de ferritina no se ve afectado por la altitud por encima del nivel del mar a la que vive la persona ni por el tabaquismo.

La ferritina es una proteína de respuesta de fase aguda positiva cuya, ya que esta aumenta durante la inflamación. Esto dificulta la interpretación de concentraciones normales o elevadas de ferritina en suero en zonas donde las enfermedades infecciosas o inflamatorias son frecuentes. En ausencia de inflamación o hepatopatía, una concentración elevada de ferritina en suero indica sobrecarga de hierro (33, 37).

En enfermedades como artritis reumatoide, enfermedad renal crónica y tumores malignos puede existir un aumento moderado de la concentración sérica de ferritina. La administración de hierro oral o parenteral también puede aumentar los niveles de ferritina (22).

Al contrario de la hemoglobina, el contenido corporal de ferritina no se ve afectado por la altitud por encima del nivel del mar a la que vive la persona ni por el tabaquismo. No obstante, la ferritina es una proteína de respuesta de fase aguda positiva cuya concentración aumenta durante la inflamación, de modo que en tales circunstancias ya no refleja la magnitud de las reservas de hierro. Esto dificulta la interpretación de concentraciones normales o elevadas de ferritina en suero en zonas donde las enfermedades infecciosas o inflamatorias son frecuentes. En ausencia de inflamación o hepatopatía, una concentración elevada de ferritina en suero indica sobrecarga de hierro. (37)

Cuadro 3. Magnitud relativa de reservas de hierro según concentración de ferritina sérica.

	Ferritina en suero (µg/L)			
	Menos de 5 años de edad		5 años de edad o más	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Disminución de las reservas de hierro.	<12	<12	<15	<15
Disminución de las reservas de hierro en presencia de infección.	<30	<30	-	-
Riesgo grave de sobrecarga de hierro (adultos).	-	-	>200	>150

Fuente: World Health Organization. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. 2011.

Cuadro 4. Interpretación de las concentraciones bajas de ferritina en suero y elevadas del receptor de transferrina en estudios poblacionales.

Porcentaje de valores de ferritina sérica por debajo de los valores de corte. ^a	Porcentaje de valores del receptor de transferrina por encima de los valores de corte. ^b	Interpretación
Menos del 20% ^c	Menos del 10%	La ferropenia no tiene gran prevalencia
Menos del 20% ^c	10% o mayor	La ferropenia tiene gran prevalencia; la inflamación tiene gran prevalencia.
20% o mayor ^d	10% o mayor	La ferropenia tiene gran prevalencia
20% o mayor ^d	Menos del 10%	La depleción de hierro tiene gran prevalencia.

^a Aplique a los valores de corte según el grupo de edad

^b Aplique los valores de corte recomendados por el fabricante del método de análisis hasta que se disponga de un patrón internacional.

^c Menor del 30% en embarazadas.

^d El 30% o más en las embarazadas.

Fuente: World Health Organization. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. 2011.

Cuadro 5. Características, ventajas y limitaciones de la ferritina para medir la situación nutricional con respecto al hierro.

Tejido analizado	Suero o plasma
Método habitual de análisis	Inmunoanálisis o inmunoturbidometría
Unidades	µg/L
Indicador de	Magnitud de reservas de hierro
Ventajas	Refleja la situación nutricional con respecto al hierro y responde a las intervenciones relacionadas con este mineral.
Desventajas	Es una proteína de fase aguda, por lo que su concentración se eleva en enfermedades inflamatorias subclínicas. Resulta poco útil en el embarazo.

Fuente: World Health Organization. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. 2011.

2.4.2. Ferritina eritrocitaria

La concentración eritrocitaria tiene cambios paralelos a los plasmáticos. Mostrando diferencias en casos como estados de inflamación en los cuales, la ferritina eritrocitaria no cambia y la plasmática aumenta. En enfermedad crónica ambas se elevan.

Al parecer la determinación de concentración de ferritina eritrocitaria no posee más valor que la plasmática, se vio que en conjunto son más efectivas para el diagnóstico de deficiencia de hierro (22).

2.4.3. Medición de la ferritina sérica

La ferritina contenida en el suero humano forma algunos inmunocomplejos, reaccionando con los anticuerpos específicos adsorbidos sobre partículas de poliestireno. Gracias al fenómeno de difracción de la luz provocada por estos inmunocomplejos, será posible

medir, por medio de un nefelómetro, la intensidad de la luz difractada, que es proporcional a la concentración de ferritina en la muestra analizada. La evaluación de los resultados se realiza por comparación con un calibrador de concentración conocida (15).

La medición de ferritina sérica mediante la técnica de inmunoensayo de electroquimioluminiscencia (técnica sándwich que dura 18 minutos), consiste en (17):

1ª incubación: 10 µL de muestra, un anticuerpo monoclonal biotinilado anti-ferritina y un anticuerpo monoclonal anti-ferritina marcado con quelato de rutenio forman un complejo sándwich.

2ª incubación: Después de incorporar las micropartículas recubiertas de estreptavidina, el complejo formado se fija a la fase sólida por interacción entre la biotina y la estreptavidina.

La mezcla de reacción es trasladada a la célula de lectura donde, por magnetismo, las micropartículas se fijan a la superficie del electrodo. Los elementos no fijados se eliminan posteriormente con el reactivo ProCell/ProCell M. Al aplicar una corriente eléctrica definida se produce una reacción quimioluminiscente cuya emisión de luz se mide con un fotomultiplicador.

Los resultados se obtienen mediante una curva de calibración generada por el sistema a partir de una calibración a 2 puntos y una curva máster incluida en el código de barras del reactivo.

De las personas aparentemente sanas, 92% que presentan niveles bajos de ferritina sérica tienen algún grado de deficiencia de hierro. (16)

2.5. HEMODONACIÓN

2.5.1. Historia de la transfusión

La sangre ha ejercido una extraña fascinación en la mente de los seres humanos desde el principio de la historia de la humanidad, ya que ha sido considerada como esencia de la vida, el vehículo del alma y la mayor fuerza vital.

Galeno escribió que las arterias contienen sangre y no aire como se creía. En el Antiguo Testamento se hace varias referencias de la sangre como algo que no debe comerse. En la antigüedad la sangre fue referida como un líquido capaz de curar casi cualquier cosa.

La idea de la transfusión sanguínea (TS) reverberó con fuerza en los siglos XV y XVI, cuando se creía que la sangre de una persona joven y vigorosa era capaz de revitalizar a un anciano o enfermo. Se realizaron varios experimentos de TS, intentos que fueron fallidos, como por ejemplo, se afirma que el Papa Inocencio VIII, en fase terminal de una insuficiencia renal crónica, recibió la sangre de 3 niños de 10 años en 1492, probablemente en forma de brebaje, los 4 fallecieron.

En Oxford Richard Lower realizó la primera TS arteriovenosa entre perros, poco después lo intentó en humanos. El francés Jean Denis transfundió sangre de animales a seres humanos, describió por primera vez la transfusión de 4 pacientes con sangre de oveja entre junio y septiembre de 1667, además fue el primero en describir una reacción hemolítica transfusional intravascular aguda, la cual se presentó después de transfundir sangre de un toro a un hombre, lo que le causó la muerte, Denis fue exonerado. La Facultad de Medicina de París prohibió la utilización de la transfusión sanguínea por los siguientes 150 años.

James Blundell, el padre de la obstetricia, es también el padre de la práctica moderna de la TS, ya que a partir de las observaciones de Lower sobre los efectos positivos de la transfusión en la hipovolemia, concluyó que; esta sería adecuada en hemorragias posparto, además recomendó el uso exclusivo de sangre humana en estos procedimientos. Aplicó esto en 1818 en un paciente con cáncer gástrico, documentó indicaciones y contraindicaciones para la transfusión e introdujo una serie de aparatos para su administración.

En 1849, Routh escribió un artículo en el cual justificaba que la TS no era más peligrosa que una amputación o una herniorrafia. Después de esto la TS se aceptó como procedimiento médico, sin embargo fue usada de manera ocasional. En la Guerra Civil estadounidense solo se conoce referencia de dos procedimientos. En estos tiempos se carecía de las pruebas cruzadas ABO actuales.

En la historia, tres grandes paradigmas han contribuido enormemente en el desarrollo de la medicina transfusional: el descubrimiento de los grupos sanguíneos y la inmunidad humoral contra ellos (decenio de 1900); la transmisión de las enfermedades virales por transfusión (decenio de 1960); y los efectos inmunes, reguladores y supresores de la transfusión sanguínea (decenio de 1990).

En 1901 Karl Landsteiner publicó un artículo en el que describió sus estudios en 22 sujetos mezcló sueros y células de los diferentes individuos y al observar y observó reacciones de aglutinación, como resultado describió los grupos sanguíneos del sistema ABO en el ser humano. El año siguiente dos de sus alumnos, Decastello y Sturly crearon un método in vitro para determinar el grupo del sujeto, y así evitar reacciones hemolíticas

transfusionales. El trabajo de Landsteiner fue publicado en alemán en una revista austriaca, por lo que estos descubrimientos se aplicaron a la práctica médica en 1920.

En 1939 Philip Levine y Stetson descubrieron los anticuerpos del sistema Rh en el caso de una mujer con antecedente de óbito fetal que previamente había sido transfundida con sangre de su esposo.

En la Segunda Guerra Mundial Charles Drew fundó lo que serían los bancos de sangre de la Cruz Roja estadounidense, después de esta guerra se desarrollaron materiales para una mejor técnica transfusional, en 1960 se introdujeron bolsas de plástico en lugar de los frascos de vidrio, lo que hizo posible centrifugar la sangre y con ello iniciar el uso de fracciones específicas.

El primer servicio de transfusión lo estableció en Londres Percy Oliver en 1921, solo se realizaba era la correspondiente a sífilis, en los primeros bancos de sangre a veces se pagaba a los donantes.

Bernard Fantus en 1037 estableció el primer banco de sangre, que conservaba sangre hasta por 10 días (21).

2.5.2. Medicina transfusional

La transfusión de sangre es una alternativa terapéutica que puede disminuir la morbimortalidad en varias patologías. Estas situaciones se presentan a diario en todos los servicios de salud, generando una necesidad continua de hemocomponentes.

Es de gran importancia un sistema nacional de sangre que vele por la disponibilidad, accesibilidad, calidad y seguridad de estos (11).

La donación de sangre debe ser alentada por el altruismo sin ningún interés secundario. El donador debe reunir una serie de requisitos físicos y contestar de manera satisfactoria un cuestionario acerca de actividades de alto riesgo para garantizar la ausencia de agentes infecciosos (21).

La OPS recomienda una nueva visión en la que hay cambios respecto a lo que se pensaba tradicionalmente (13).

Cuadro 6. Nueva visión acerca del abordaje de la necesidad de hemocomponentes.

Abordaje tradicional	Nuevo abordaje
El paciente necesita sangre. El hospital solicita donaciones. Se requiere a familiares y amigos que donen sangre. El banco de sangre colecta unidades específicamente para un hospital y/o un paciente. El hospital utiliza la sangre.	El país necesita sangre. La comunidad nacional educa a los donantes voluntarios. El sistema de salud promueve y estimula la donación de sangre. Los servicios de sangre atienden a todos los donantes. El país utiliza la sangre.

Fuente: Elegibilidad para la donación de sangre: Recomendaciones para la Educación y la Selección de Donantes Potenciales de Sangre. Organización Panamericana de la Salud 2009.

La OPS recomienda charlas informativas a los potenciales donantes con el fin de darles a conocer el procedimiento, la importancia, los posibles efectos adversos y como evitarlos, experiencias recogidas en el Reino Unido y en Paraguay muestran que 78% de los que asisten a reuniones que duran aproximadamente 45-50 minutos se convierten en donantes de sangre (13).

2.5.3. Donación de sangre

La donación de sangre es un acto en el cual una persona con capacidad y competencia, decide libremente donar sangre o hemocomponentes en centros especializados para este proceso.

2.5.3.1. Tipos de donantes de sangre

Hay cinco tipos principales: (20)

a. Donante voluntario altruista no remunerado.

Es la persona, con capacidad y competencia que decide libre y voluntariamente donar sangre, plasma o cualquier otro componente sanguíneo por su propia voluntad, con el deseo de ayudar y no recibir pago por ello. Actualmente es el único tipo de donación aceptado por la Cruz Roja Ecuatoriana.

b. Donante de reposición.

Es la persona que dona sangre para que haya devolución del dinero que ha pagado por un concentrado de glóbulos rojos.

c. Donante autólogo

Persona que previa evaluación y autorización médica, dona su sangre antes de una cirugía programada, la cual es conservada para un requerimiento transfusional del donante.

Esta práctica es una alternativa de transfusión segura, ya que se eliminan los riesgos de aloinmunización post transfusión, y suple los requerimientos en pacientes con grupos sanguíneos escaso.

d. Donante de aféresis

Es la persona a quien se le extrae un componente sanguíneo por medio de un procedimiento mecánico y de forma selectiva, reinfundiéndole el resto de los componentes no separados. Este procedimiento no se realiza en la Cruz Roja Ecuatoriana.

e. Donante remunerado o comercial

Persona que dona sangre a cambio de dinero u otra forma de retribución, que puede cambiarse por dinero. Son capaces de estafar e incluso mentir al momento de su interrogatorio, lo que pone en riesgo la seguridad de la sangre. Por lo que esto no se practica en nuestro país (13).

2.5.3.2. Proceso de donación de sangre

La selección de donantes es uno de los procesos más importantes para proteger la seguridad de la sangre, comprende desde la captación de la población que tiene la intención de donar, hasta la venopunción que permitirá la recolección de la sangre. La aceptabilidad de los donantes debe ser determinada por un médico o profesional en laboratorio clínico capacitados en banco de sangre.

Este proceso aporta el mayor porcentaje de seguridad de la sangre colectada, complementándose con las pruebas de tamizaje normadas, que se efectúan de rutina en todas las unidades de sangre. El propósito principal es determinar si el donante potencial goza de buena salud, a fin de proteger al “receptor”.

De la misma manera es importante preservar la seguridad de los donantes, para esto es importante que reciban información del proceso, el valor terapéutico de los hemocomponentes, una estimación de las necesidades de hemoderivados de la población, las consecuencias fisiológicas y posibles reacciones adversas del procedimiento, los exámenes a los que se va someter la sangre donada.

La selección de donantes está basada en una entrevista amplia, que incluye un cuestionario y evaluación física, realizadas el mismo día de la donación.

El cuestionario debe ser realizado de tal manera que asegure privacidad visual y auditiva, que permita tranquilidad al potencial donante, las respuestas a las preguntas deben ser registradas con “SÍ” o “NO”, dando detalle y explicando en las respuestas que lo requieran. Al completar dicho cuestionario, la persona es entrevistada personalmente, de manera privada y asegurando confidencialidad , en

esta parte el personal del banco de sangre revisa las preguntas, volviendo a hacer verbalmente algunas de estas para asegurar que no haya factores de riesgo en el potencial donante.

Es importante asegurar el bienestar del donante y del receptor, para esto tenemos criterios de protección:

a. Criterios para la protección de donante.

El día de la donación, el personal de salud evaluará la historia del donante de acuerdo con los requisitos siguientes:

- Apariencia saludable.
- Edad: entre 17 y 65 años, menores de edad deben acudir con su representante legal a fin de que firmen un consentimiento.
- Peso: igual o superior a 50 kilos.
- Presión arterial sistólica entre 90 y 160 mm Hg.
- Presión arterial diastólica entre 60 y 90 mm Hg.
- Pulso: entre 60 y 100 pulsaciones.
- Hemoglobina entre 14 y 19 g/dL.
- Si es mujer, no estar embarazada o durante los primeros seis meses de lactancia materna.

b. Criterios para la protección del receptor.

El personal encargado debe evaluar cuidadosamente los siguientes factores en el potencial donante:

- La salud general.
- Tratamiento con medicamentos o vacunas.
- Infección o exposición a enfermedades infecciosas.
- Viajes realizados en el último año a zonas endémicas de enfermedades tropicales.
- Prácticas de riesgo, entendido esto como vida sexual de riesgo, perforaciones de la piel, tatuajes, uso de drogas, haber sufrido lesión con material corto punzante contaminado con fluidos biológicos.

Tanto los criterios para protección del donante, como del receptor deberán ser investigados en el cuestionario, así como también, se dejará registro de la evaluación física y de la hemoglobina.

Si el donante cumple con los requisitos ya establecidos se calificará como APTO. En el caso que el donante sea excluido deberá determinarse si la exclusión será en forma temporal, en cuyo caso se calificará como DIFERIDO, y si es excluido definitivamente se calificará como NO APTO.

Al mismo tiempo se debe explicar claramente a la persona, la razón de la exclusión, y si en el futuro podrá o no donar sangre (13).

c. Parámetros de calidad de las unidades de sangre recolectadas (21)

- Se debe obtener 450 ml.
- No remover >13% del volumen sanguíneo del donador, calculado a 70ml/Kg.
- Los eritrocitos deben tener una sobrevivencia $\geq 75\%$ a las 24 horas.
- Hemoglobina libre <1% de la masa de eritrocitos en la unidad.
- GR desleucocitados o leucores reducidos: $< 1 \times 10^6$ por unidad.
- Una unidad debe contener al menos 45 g de Hb de los eritrocitos.
- Regenerar 2,3-DPG en el receptor puede requerir dos a tres días.

2.5.3.3. Extracción y fraccionamiento de la sangre.

Después de esterilizar el sitio para la venipuntura con alcohol y una solución yodada, se extrae la sangre con una aguja calibre número 16, en la bolsa, la sangre debe fluir y mezclarse con el anticoagulante (el compuesto más usado contiene de citrato, fosfato, dextrosa, adenina), para su conservación por 35 días. La sangre se recolecta en bolsas de plástico estériles, desechables, dobles o triples según los hemocomponentes que se desee obtener (21).

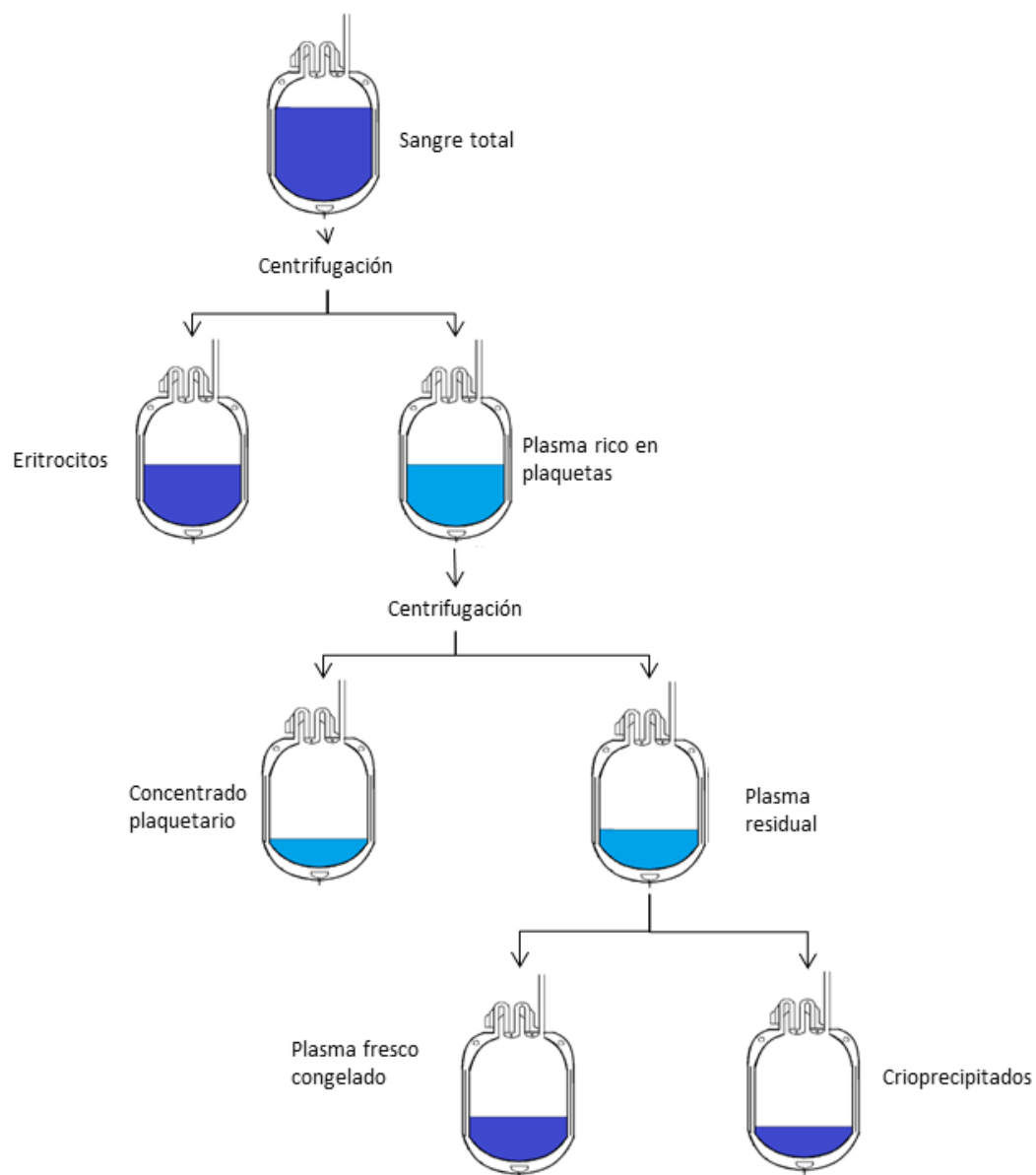


Figura 5. Extracción y fraccionamiento de la sangre. (21)
Adaptado por: Fedra Vela

2.5.3.4. Almacenamiento de la sangre.

La sangre total se almacena a 4°C, el concentrado de glóbulos rojos de 2 a 8°C por 35 a 45 días, las plaquetas a 22°C hasta por 5 días, el plasma fresco se congela a -18°C hasta por un año (22).

El almacenamiento produce por sí mismo cambios en la viabilidad de la sangre, conocidos como “lesión del almacenamiento”. Entre otros cambios destacan la fuga de potasio intracelular, el aumento del amonio y la disminución del pH. Los glóbulos rojos sufren cambios en los planos molecular y estructural de su membrana, que conducen a la pérdida de la viabilidad de algunos de ellos, el cambio bioquímico más notable es la disminución del 2,3-difosfoglicerato, que es la que regula la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno de manera inversa a su concentración, lo cual se acompaña de una mayor dificultad en la liberación de oxígeno a los tejidos por un incremento en la afinidad mencionada, es decir, una desviación a la izquierda de la curva de disociación del oxígeno a la hemoglobina. La liberación normal de oxígeno se logra a las 24 horas luego de la transfusión, aunque a las 4 horas los glóbulos rojos han recuperado la mitad de su 2,3-difosfoglicerato.

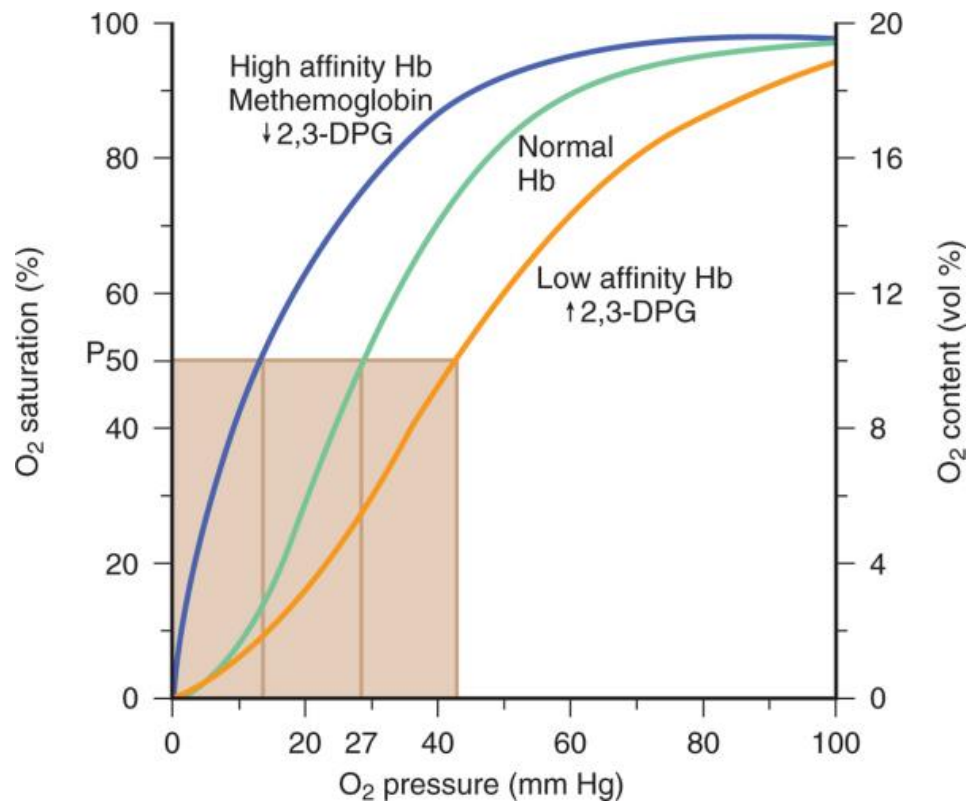


Figura 6: Curva de disociación de la hemoglobina de acuerdo a la 2,3-DPG. (46)
Adaptado por: Fedra Vela

2.5.4. Complicaciones y efectos adversos de la donación

Las complicaciones relacionadas a la donación de sangre se dividen en tres grupos:

- Leves: Si los síntomas desaparecen antes de los 7 días de la flebotomía o que no requieren atención médica inmediata.
- Moderadas: Si los síntomas persisten más allá de los 7 días después de la flebotomía o que requieren atención médica inmediata.
- Severas: Si los síntomas duran al menos un año después de la flebotomía.

2.5.4.1. Efectos adversos o complicaciones inmediatos

Existen reacciones adversas que experimentan los donantes poco tiempo después o durante la donación de sangre. En conjunto, todas estas reacciones adversas se estima que se presentan en 11 al 21% de los donantes (7).

Cuadro 7. Prevalencia de las reacciones adversas en el donador (8).

Tipo de reacción sistémica	Prevalencia	Tipo de reacción local	Prevalencia
Vasovagal	2% a 5%	Hematomas	9% a 16%
Vasovagal con síncope	0.1% a 0.3%	Punción arterial	0.0001%
Náusea y vómito	1.1%	Daño neurológico por la aguja	0.016%
Hipocalcemia en donadores de aféresis	8% a 14%	Fístula arteriovenosa	Muy raro
Angina, infarto al miocardio	0.0005% (estimado)	Flebitis y/o tromboflebitis	0.001% a 0.002%

Fuente: García Loera A. Reacciones adversas a la donación. Asociación mexicana de medicina transfusional 2010, pág. S65-S70.

Los hematomas: Son autolimitados y por lo general se asocian a la falta de entrenamiento del personal, una técnica de flebotomía incorrecta y torniquete demasiado apretado.

Las reacciones vagales: incluyen palidez, debilidad, ansiedad, sudación, alteración en el ritmo respiratorio, náusea, vómito, hipotensión y bradicardia. Estos síntomas aparecen de forma brusca y con frecuencia ocurren cuando ha finalizado la donación. Se clasifican en (8):

- Leve: Cuando el donante presenta estos síntomas y se recupera en menos 15 minutos;

- Moderado: Si tarda más 15 minutos en recuperarse y hay pérdida de la conciencia;
- Grave: Cuando aparece convulsión, tetania, incontinencia o cianosis.

Los factores predeterminantes para que exista mayor riesgo de experimentar una reacción vagal son: edad menor a 20 años, peso entre 50 y 60 kg, primera donación, observar la velocidad en el tiempo de sangrado, cifra de hemoglobina y hematocrito, constitución corporal y si el donante es del sexo femenino. A estos factores se suman también factores emocionales asociados tales como el miedo, la ansiedad, falta de conocimiento, el estrés o la anticipación a un hecho inesperado (7).

2.5.4.2. Complicaciones a largo plazo

Deficiencia de hierro

Es el principal riesgo y probablemente el impacto más significativo que existe a largo plazo que existe en la donación de sangre en los donantes, y, además se ha visto una relación significativa entre la deficiencia de hierro y la anemia por deficiencia de hierro con las donaciones por varias ocasiones (1).

En un estudio canadiense se evidenció un nivel de ferritina por debajo de 12 µg/L (reservas de hierro ausentes) en el 8% de las mujeres donantes por primera vez y el 23% de mujeres donantes de repetición. En los hombres, no se encontró ferritina por debajo de 12 µg/L en donantes de primera vez, pero si se encontró en el 9% de los donantes de repetición (3). Otro estudio realizado en Marruecos, el 76% de las mujeres donantes de repetición redujeron sus reservas de hierro, evidenciando

concentraciones de ferritina media de $10 \pm 8 \mu\text{g/L}$, que fue menor que la concentración media de ferritina en las mujeres donantes de primera vez, que fue de $32 \pm 20 \mu\text{g/L}$. Además se demostró que existe una depleción gradual de hierro relacionado a la frecuencia de la donación de sangre (6).

En un estudio realizado en Nueva Zelanda, se realizó una medición de ferritina sérica en 5006 sujetos quienes acudieron los dos de los bancos de sangre de este país, demostrando que si bien la mayoría de los sujetos con un bajo nivel de hemoglobina tenían una ferritina baja (sujetos quienes no fueron aptos para la donación), una minoría sustancial tenía una hemoglobina aceptable pero una ferritina baja; lo que quiere decir que la anemia se desarrolla después que se ha iniciado la deficiencia de hierro. Además se observó que el 13,6% y el 20,4% de los donantes tenían un bajo nivel o el nivel límite de hierro, respectivamente, en el día que donaron sangre (5).

En el cuerpo humano existen 50 mg de hierro por kg de peso, de este valor total, aproximadamente el 65% se encuentra en la hemoglobina (2). En la donación de sangre total se pierden de 200 mg a 250 mg, dependiendo de la concentración de hemoglobina del donante, lo que representa de 5 a 10% de hierro total del cuerpo. La absorción de hierro enteral es el único camino para que el cuerpo para reemplazar el hierro perdido. Si todo el hierro de la dieta (hierro hem y no hem) podrían ser absorbidos por los enterocitos, tomaría de 15 a 20 días para reponer la pérdida de hierro. Sin embargo, la capacidad de aumentar la absorción de hierro se limita a un máximo de 5 a 7 mg/día dependiendo de la concentración de ferritina en suero, lo que significa que de 45 a 60 días son necesarios para rellenar los depósitos de hierro agotados. Sólo unos pocos donantes tienen suficiente capacidad de adaptación para

poder lograr el objetivo. La mayoría de los donantes de sangre no compensan totalmente la pérdida de hierro entre donaciones de sangre consecutivas y, como consecuencia, desarrollan deficiencia de hierro (4).

La deficiencia de hierro se traduce en la movilización del hierro de reserva hacia la médula ósea, afectando así las funciones de la sangre, el cerebro y los músculos (2).

Los donantes con deficiencia de hierro presentan sintomatología como la “pica”, que es el ansia de comer alimentos inusuales, como el hielo. Otra manifestación es el “síndrome de piernas inquietas”. La deficiencia de hierro sin anemia está asociada a fatiga, poca tolerancia al esfuerzo, afectación de la memoria, el aprendizaje y la concentración, además también existe afectación de la función del sistema inmune (3).

2.5.5. Impacto de la donación de sangre en el hierro corporal.

Se ha estudiado el impacto general de la donación de sangre en el estado del hierro corporal. La donación de sangre produce una pérdida sustancial de hierro, de aproximadamente 220 mg con cada procedimiento de sangrado y genera la movilización de las reservas del hierro corporal.

Existe una correlación inversa entre la cantidad de hierro corporal de reserva y la absorción de éste. Cuando el hierro corporal almacenado disminuye, aumenta la absorción de hierro. Con la pérdida continua de hierro, un individuo puede romper el equilibrio llegando a una depleción de hierro y eventualmente desarrolla una eritropoyesis deficiente en hierro y posteriormente anemia. (25)

Los donantes potenciales son tamizados en los bancos de sangre, para excluir de la flebotomía a los que cumplen con algún criterio de exclusión, entre ellos anemia, para lo cual se usan mediciones de hemoglobina (Hb) y/o hematocrito. Sin embargo, los niveles de reserva de hierro puedan estar depletados en donantes con Hb por encima del valor arbitrario definido como límite para anemia. La deficiencia temprana de hierro (depleción de hierro) usualmente no se acompaña de anormalidades en la sangre y es el último estado de la deficiencia de hierro y es evidente que la determinación de Hb como medida única es inadecuada para identificar donantes de sangre con deficiencia de hierro sin anemia. (26)

El primer cambio bioquímico en la deficiencia de hierro es la caída de la ferritina sérica que ocurre antes que el hierro esté disminuido y haya cambios morfológicos en los glóbulos rojos. Se ha sugerido que el nivel de ferritina sérica es el indicador más fidedigno del hierro de reserva que puede ser movilizado y proporciona una medida confiable para determinar la deficiencia de hierro en estadio temprano. Sin embargo, aunque esta correlación no es tan fuerte como se ha sugerido en individuos enfermos, tiene validez en sujetos sin patologías relacionadas. (26)

La ferritina sérica es directamente proporcional a la reserva de hierro y una concentración $<12 \mu\text{g/l}$ refleja un estado de depleción de hierro. Ninguna otra enfermedad produce un nivel de ferritina sérica $<10 \mu\text{g/l}$. El almacenamiento de hierro total es de 0.7 a 1.5 g. Entre 15% y 20% del hierro está almacenado en forma de ferritina y $1 \mu\text{g/l}$ de ferritina sérica equivale a 8-10 mg de hierro almacenado (28).

2.5.6. Medición de hemoglobina por método HemoCue® HB 301

El sistema consta de un analizador de microcubetas, la microcubeta sirve como pipeta y como cubeta de medición. Se extrae una muestra de sangre capilar, la cantidad de requerida es de aproximadamente 10 µl y se introduce en la cavidad por capilaridad, la medición se realiza en un analizador que mide la absorbancia de sangre entera en un punto isosbético Hb/HbO₂. El analizador mide en dos longitudes de onda (506 y 880nm) a fin de compensar la turbidez. El sistema HemoCue® Hb 301 se calibra de acuerdo al método de hemiglobincianuro (HiCN), el método de referencia internacional para la determinación de la concentración de hemoglobina en la sangre, el sistema es calibrado en la fábrica y no requiere calibración posterior (14).

En un estudio que evaluó la comparabilidad de la concentración de hemoglobina (Hb) en sangre venosa y capilar medida por HemoCue® y por espectrofotómetro automatizado (Celldyn), así como documentar la influencia del tipo de sangre (capilar o venosa) y del método de análisis sobre la prevalencia de anemia, las cifras de Hb estimadas se compararon con el coeficiente de concordancia y la prueba pareada de *t* de Student. También se comparó la sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de anemia, utilizando sangre de los dos tipos y métodos de análisis. Como resultado se obtuvo que la Hb fue mayor en sangre capilar comparada con sangre venosa (+0.5g/dL) en adultos y niños, y en las determinaciones por Celldyn comparadas con las de HemoCue® (+0.3 g/dL). La especificidad para el diagnóstico de anemia fue adecuada (>0.90), mientras que la sensibilidad fue baja para las muestras capilares medidas por HemoCue® (<0.80). La Hb en sangre capilar medida por HemoCue®

proporciona una estimación adecuada de la prevalencia de anemia en poblaciones, pero podría resultar en un exceso de diagnósticos falsos negativos (12).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó como un estudio observacional prospectivo comparativo y se desarrolló en los donantes de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo en los meses de agosto y septiembre del 2014. Se calculó la muestra y tras selección de los donantes por parte de la Cruz Roja y aceptación del consentimiento informado y disponibilidad por parte de los sujetos aptos para la donación, participaron 110 donantes.

Se procedió a la toma de la primera muestra y procesamiento de la misma. Después de alrededor de 58 días se realizó la segunda toma de muestra. En esta fase, 14 donantes abandonaron el estudio al no acudir a la segunda etapa de la recolección de muestras.

3.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Conocer si existen cambios en la hemoglobina y ferritina en donantes de hemocomponentes en el plazo de 45 a 60 días post donación.
- Conocer que características de los donantes (sexo, edad, historia previa de donaciones) están asociadas al desarrollo de modificaciones de la hemoglobina y ferritina en el plazo de 45 a 60 días post donación.

3.1.1. Objetivo principal

Evaluar el impacto de la donación de sangre a corto plazo (45 a 60 días) en los contenidos de hemoglobina y ferritina en donantes de sangre total en la ciudad de Riobamba.

3.1.2. Objetivos secundarios

- Identificar en que grupo de donantes existe mayor impacto la donación de sangre total:

- a) Mujeres vs. hombres
- b) Menores de 30 años vs. Mayores de 30 años.
- c) Donantes por primera vez vs. donantes a repetición.

- Valorar cuál de los dos parámetros (hemoglobina y ferritina) en estudio se ve más afectado por la donación.

3.2. HIPÓTESIS

- La donación de sangre total afecta de una forma estadísticamente significativa, disminuyendo los valores de hemoglobina y ferritina, los cuales no se recuperan de manera adecuada en el periodo de 45 a 60 días.
- La donación de sangre aumenta la probabilidad de presentar anemia evaluada en 45 a 60 días después de la donación.
- Después de 45 a 60 días de la donación, hay más probabilidad de presentar niveles de ferritina inferiores a los considerados fisiológicos.

3.3. METODOLOGÍA

Entre agosto y octubre se estudiaron 96 donantes de sangre aceptados; en la Cruz Roja de Chimborazo. Todos fueron informados sobre el propósito del estudio, se les indicó la

necesidad de su colaboración nuevamente en 45 a 60 días después de la donación, obteniéndose un consentimiento informado y sus datos de contacto.

Se usó un método de muestreo sistemático simple. Si el individuo no acepta, se intenta con el siguiente donante y así sucesivamente.

A todos los donantes potenciales se les practicó punción capilar en el dedo índice de la mano para determinación de hemoglobina pre donación y se extrajeron 5 ml de sangre venosa al momento de la donación para establecer los niveles de ferritina sérica.

Después de 45 a 60 días de la donación llamamos por teléfono a las personas que accedieron entrar al estudio, y se tomó una muestra de sangre capilar para obtener el nivel de hemoglobina y se extrajo 5 cc de sangre venosa para obtener la ferritina sérica. Dado la posibilidad de que personas no acudan, se tomó muestra de 10 donantes adicionales. 14 personas no acudieron por lo que se completó el estudio en 96 donantes.

De acuerdo con la normatividad ecuatoriana para donar sangre se aceptaron sólo los individuos con valores estándar de hemoglobina >14 g/dL tanto en hombre como en mujeres.

3.3.1 Operacionalización de variables del estudio

1. Hemoglobina

a) Normalidad

14.9 g/dL a 18.3 g/dL en varones

12.7 g/dL a 16.2 g/dL en mujeres

- b)** Anemia: Valores inferiores a la normalidad.
- c)** Poliglobulia: Valores Superiores a la normalidad.

2. Ferritina

- a)** Normalidad
 - 15-200 µg/l en varones
 - 15-150 µg/l en mujeres
- b)** Disminución de reservas de hierro por debajo del rango.

3. Sexo

- a)** Femenino
- b)** Masculino

4. Edad

- a)** ≤30 años de edad
- b)** >30 años de edad

5. Donación(es) previa(s)

- a)** Si presenta donaciones anteriores
- b)** No presenta donaciones anteriores

3.3.2 Muestra

- Donantes de sangre del 12 de agosto al 4 de septiembre del 2014 de la Cruz Roja de Chimborazo.
- Se incluirá a todos los donantes voluntarios aceptados por la Cruz Roja de Chimborazo que acepten entrar al estudio y tengan disponibilidad de volver en 45 a 60 días.
- Universo: Con datos facilitados del año 2013 tenemos una media de 134.33 ± 48.91 .

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

$$n = \frac{1,95^2 \times (134) \times 0,05 \times 0,95}{0,05^2 (134 - 1) + 1,95^2 \times 0,05 \times 0,95}$$

$$n = 100$$

Donde:

Z= Nivel de confianza

N= Universo o población

p= Población a favor

q= Población en contra

e= Error de estimación

n= Tamaño de la muestra

- Con estos datos, la muestra es de 100 donantes, con porcentaje de error de 5%, nivel de confianza de 95% y distribución de respuestas de 50%.

3.3.3. Procedimientos de recolección de información

Cuando una persona se acerca a donar sangre, se le toma los datos y se le realiza, entre otras cosas, medición de hemoglobina, asegurándonos mediante un consentimiento informado que la persona esté de acuerdo a colaborar con la investigación, entregándonos su información y accediendo a acudir después de 45 a 60 días de la donación para tomar los datos referentes a las variables de nuestra investigación. Así después de 45 a 60 días los llamaremos para la segunda parte de nuestra investigación, usando los mismos materiales de la primera parte para que los resultados sean más confiables.

3.3.4. Procedimientos de diagnóstico e intervención

La hemoglobina fue medida mediante sangre capilar obtenida del dedo índice, la sangre se procesó en un HemoCue®, y se recolectó una muestra de sangre venosa en tubos estándar (rojo), la cual fue centrifugada para tomar el plasma. Se mantuvo en refrigeración (2°-8° C) para la preservación de la muestra. Fueron transportada al sitio de procesamiento manteniendo la misma temperatura para proceder a la medición de ferritina sérica mediante la técnica de inmunoensayo de electroquimioluminiscencia (17).

Para extraer la sangre capilar del donante, según estándares y recomendaciones internacionales, previa limpieza con alcohol al 70% y secado, se realizó una punción en la cara palmar de la falange distal del tercero o cuarto dedo que no presenten lesión alguna e idealmente de la mano no dominante, sobre la región paracentral de la yema del dedo, evitando los lados y la punta del mismo. Se limpió la primera gota con un algodón seco y se recolectó la gota siguiente en la microcubeta del HemoCue®.

3.3.5. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron ingresados a una base de datos. Y para el procesamiento y análisis de datos se utilizó el software para Windows. SPSS versión 22 y el STATGRAPHICS Centurion versión 17.

Se realizó un análisis univariado para obtener la estadística descriptiva para cada variable estudiada. Se realizó el cálculo de la media y porcentajes variables cuantitativas y frecuencia en las cualitativas, además se las segmentó en diferentes grupos para un análisis particular.

El análisis bivariado se realizó a través de la medida de asociación Razón de Momios, para comparar la afectación de la donación en diferentes grupos. Y para la valoración de la significancia se utilizó la prueba estadística Chi cuadrado con corrección de Yates.

3.4. ASPECTOS BIOÉTICOS

Los donantes acuden voluntariamente a donar sangre, los riesgos involucrados son asumidos por el mismo acto de la donación, más no por nuestra investigación.

Se les explicó a los participantes los objetivos del estudio, y la confidencialidad de los datos proporcionados, como constancia de esto se les pidió que firmen un consentimiento informado, se respetó la negativa de las personas que no estuvieron dispuestas o que no podían volver para el control.

3.5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Se requirió ayuda de los Técnicos del Banco de Sangre de la Cruz Roja de Chimborazo para la primera parte del estudio, la cual fue realizada en conjunto con las investigadoras, mientras que la segunda parte fue realizada únicamente por las investigadoras.

Se usó el HemoCue® de la institución, las microcubetas, capilares y la centrifuga de la institución para la primera parte de la investigación, para la segunda parte se usara equipos adquiridos por las investigadoras a excepción de la centrifuga y el HemoCue®.

Se obtuvo la medición de ferritina sérica mediante el procesamiento de la muestra en un laboratorio reconocido de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

4.1.1. Caracterización demográfica de los donantes de la Cruz Roja de Chimborazo

De los donantes incluidos en el estudio (n= 96), la media de edad global fue de 33,72 años, con un rango de 18 a 62 años, la media de edad para hombres fue de 34,38 años y 32,52 años para mujeres. Del total de donantes el grupo de edad con mayor frecuencia fue el de > 30 años (52.1%). Además se vio que la mayoría de donantes fueron hombres, con un 64.6% frente a un 35.4% de mujeres. Respecto a donaciones previas la mayoría corresponde a donantes subsecuentes, un 66.7% frente a 33.3% de personas que tuvieron su primera donación.

Tabla 1. Caracterización demográfica de los donantes voluntarios de sangre incluidos en el estudio.

	Número absoluto	Porcentaje
<u>Sexo</u>		
Masculino	62	64.6%
Femenino	34	35.4%
<u>Edad</u>		
≤30	46	47.9%
>30	50	52.1%
<u>Donaciones previas</u>		
No	32	33.3%
Si	64	66.7%
Total	96	100%

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.2. Media de hemoglobina pre y post donación

De media global existió disminución de los niveles de hemoglobina siendo la media de hemoglobina inicial de 15.96 g/dL, mientras que la post donación fue de 15.3 g/dL.

De todos los descensos por grupos, llama la atención el descenso de hemoglobina en el sexo femenino, el cual disminuye en más de un punto siendo la media de la hemoglobina pre donación 15,14 g/dL y la post donación 13.73 g/dL.

Tabla 2. Media de niveles de hemoglobina pre y post donación de manera global y de acuerdo a sexo, edad y donaciones previas.

	Hemoglobina	
	Predonación (g/dL)	Postdonación (g/dL)
<u>Sexo</u>		
Masculino	16.40	16.17
Femenino	15.14	13.73
<u>Edad</u>		
≤30	15.78	15.05
>30	16.2	15.54
<u>Donaciones previas</u>		
No	15.82	15.25
Si	16.02	15.33
Total	15.96	15.30

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.3. Descenso del valor de la hemoglobina

En cuanto al descenso porcentual de hemoglobina respecto al valor inicial, de manera global descendió un 4.07%.

Una vez más llama la atención el descenso del sexo femenino que es de 9.31% frente a 1.4% en los hombres.

Tabla 3. Porcentaje de descenso de hemoglobina del valor basal; por sexo, edad y donaciones previas.

	Hemoglobina
	Porcentaje de descenso
<u>Sexo</u>	
Masculino	1.4%
Femenino	9.31%
<u>Edad</u>	
≤30 años	4.62%
>30 años	3.58%
<u>Donaciones previas</u>	
No	3.5%
Si	4.33%
Total	4.07%

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.4. Porcentaje de personas que presentaron valores de hemoglobina congruentes con anemia después de la donación

De inicio todas las personas presentaron hemoglobina mayor a 14 g/dL, ya que este es un criterio de aceptación para donar sangre.

Según el sexo, se tomó valores diferentes para categorizar como anemia; valores inferiores a 12.7 g/dL en mujeres y 14.9 g/dL en hombres.

De esta manera se evidenció que el 17.7% de la muestra de donantes presentó anemia después de la donación. El 23.52% de los hombres, el 20% de los donantes mayores de 30 años, y el 20.31% de los donantes subsecuentes presentaron anemia en mayor porcentaje que los grupos comparativos respectivos.

Tabla 4. Porcentaje de personas que presentan anemia

	Anemia	
	N.	%
<u>Sexo</u>		
Masculino	8	23.52%
Femenino	9	14.51%
<u>Edad</u>		
≤30	7	15.21%
>30	10	20%
<u>Donaciones previas</u>		
No	4	12.5%
Si	13	20.31%
Total	17	17.7%

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.5. Medias de Ferritina sérica pre y post donación

La media global de niveles de ferritina pre donación fue de 113.58 µg/L, mientras que post donación es de 59.38 µg/L.

En los grupos por sexo, se ve que las mujeres presentan un cambio muy pronunciado yendo de 46.19 µg/L pre donación y 19.99 µg/L postdonación.

Tabla 5. Media de niveles de ferritina pre y post donación.

	Ferritina	
	Pre donación (µg/L)	Post donación (µg/L)
<u>Sexo</u>		
Masculino	150.54	80.98
Femenino	46.19	19.99
<u>Edad</u>		
≤30	83.53	44.45
>30	141.24	73.12
<u>Donaciones previas</u>		
No	115.19	56.48
Si	112.78	60.83
Total	113.58	59.38

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.6. Descenso del valor de la ferritina sérica.

Respecto a la disminución porcentual de ferritina respecto a sus valores basales, de manera global esta fue de 47.71%.

Según el sexo, en mujeres fue mayor (56.7%) que el de hombres (46.2%).

La disminución de ferritina sérica no presenta mucha diferencia dentro de los grupos etarios e historia previa de donación.

Tabla 6. Porcentaje de disminución de ferritina respecto a su valor inicial.

	Disminución relativa
<u>Sexo</u>	
Masculino	46.20%
Femenino	56.70%
<u>Edad</u>	
≤30	46.78%
>30	48.22%
<u>Donaciones previas</u>	
No	50.95%
Si	46.05%
Total	47.71%

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.1.7. Donantes con bajos niveles de ferritina antes y después de la donación.

El descenso de nivel de ferritina sérica fue evidente en todos los donantes, el límite inferior considerado como fisiológico es de 15 µg/l, se observó que al momento de la donación 5 personas en total que corresponde a un 5.20% de la población presentaron ferritina por debajo de estos niveles, mientras que después de aproximadamente 58.9 días de la donación, 22 personas presentaron niveles inferiores, lo que corresponde a un 22.91%. Este descenso es mayor en mujeres (50%), en personas con 30 años o menos (34.78%) y en personas con donaciones previas (25%).

Tabla 7. Comparación de número de personas con bajos niveles de ferritina sérica antes y después de la donación.

	<15 µg/l			
	Pre donación		Post donación	
	No	%	No	%
<u>Sexo</u>				
Masculino	2	3.22%	5	8.06%
Femenino	3	8.82%	17	50 %
Total	5	5.20%	22	22.91%
<u>Edad</u>				
≤30años	4	8.69%	16	34.78%
>30años	1	2%	6	12%
<u>Donaciones previas</u>				
Si	4	6.25%	16	25%
No	1	3.12%	6	18.75%
Total	5	5.20%	22	22.91%

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

4.2. ANÁLISIS BIVARIAL

4.2.1. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y el sexo del donante

Se comparó la probabilidad de presentar anemia según sexo, en los resultados se observó que las mujeres tienen 1.81 más probabilidad de tener anemia luego de 45 a 60 días tras haber donado sangre que los hombres, sin embargo esto no es estadísticamente significativo ($p=0.40$).

Tabla 8. Relación entre anemia y sexo del donante

		Anemia		Total
		Si	No	
Sexo	Femenino	8	26	34
	Masculino	9	53	62
Total		17	79	96

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 1.81 (IC 95%: 0.62-5.23)

Valor p (Chi²): 0.40

4.2.2. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y la edad del donante

Las personas mayores de 30 años tienen 1.39 veces más probabilidad de desarrollar anemia después de 45 a 60 días de haber donado sangre, sin embargo este resultado no estadísticamente significativo ($p=0.72$).

Tabla 9. Relación entre anemia y personas mayores de 30 años

		Anemia		Total
		Si	No	
Edad	>30 años	10	40	50
	≤ 30 años	7	39	46
Total		17	79	96

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 1.39 (IC 95%: 0.48-4.02)

p (Chi²): 0.72

4.2.3. Relación entre desarrollo de anemia después de la donación y la historia de donación del donante

Las personas que han tenido donaciones previas presentan 1.78 veces más probabilidad de presentar anemia luego de donar sangre que las personas que no han sido donado previas a la actual. A pesar de esta probabilidad, este resultado no es estadísticamente significativo ($p=0.50$).

Tabla 10. Relación entre anemia y donaciones previas.

		Anemia		Total
		Si	No	
Donaciones previa	Si	13	51	64
	No	4	28	32
Total		17	79	96

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 1.78 (IC 95%: 0.53-5.99)

p (Chi²): 0.50

4.2.4. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la donación y sexo del donante

Se realizó la comparación entre donantes por sexo, pero como antes de la donación ya había donantes con niveles bajos de ferritina, se los retiró, para calcular la probabilidad. Se evidenció que las mujeres tienen 15.64 más probabilidad de presentar niveles insuficientes de ferritina sérica después de 45 a 60 días de la donación. Este resultado es estadísticamente significativo ($p=0.0000$).

Tabla 11. Relación de sexo con presentación de niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L.

		Niveles inferiores a 15 µg/L		Total
		Si	No	
Sexo	Femenino	14	17	31
	Masculino	3	57	60
Total		17	74	91

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 15.64 (IC 95%: 4.01-60.93)

p (Chi²): 0.0000

4.2.5. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la donación y la edad del donante

También se retiró a los donantes quienes tenían bajos niveles de ferritina pre donación. Las donantes de 30 años o menores o tienen 3.52 veces más probabilidad de llegar a niveles bajos de ferritina tras 45 a 60 días de donar sangre que los donantes mayores de 30 años.

Este resultado es estadísticamente significativo ($p=0.048$).

Tabla 12. Relación de edad con presentación de niveles de ferritina inferiores a los recomendados.

		Niveles inferiores a 15 µg/L		Total
		Si	No	
Edad	≤ 30 años	12	30	42
	>30 años	5	44	49
Total		17	74	91

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 3.52 (IC 95%: 1.12-11.02)

p (Chi²): 0.048

4.2.6. Relación entre niveles de ferritina inferiores a 15 µg/L después de la donación y la historia de donación del donante

Se retiró a los donantes quienes tenían bajos niveles de ferritina pre donación.

Los donantes que han tenido donaciones previas presentan 1.3 veces más probabilidad que las personas que nunca antes han donado sangre de presentar niveles de ferritina inferiores a 15 µg/dL. Sin embargo este resultado no es estadísticamente significativo ($p=0.86$).

Tabla 13. Relación de historia previa de donaciones con presentación de ferritina inferior al rango recomendado.

		Niveles inferiores a 15 µg/L		Total
		Si	No	
Donaciones previa	Si	12	48	60
	No	5	26	31
Total		17	74	96

Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela

OR: 1.3 (IC 95%: 0.41-4.09)

p (Chi²): 0.86

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

La única desventaja significativa conocida de la donación de sangre es el riesgo potencial de causar deficiencia de hierro en el donante (32). El nivel de hemoglobina, como se ha afirmado en varios estudios previamente citados, no es de gran utilidad en la determinación de las reservas de hierro corporal al momento de aceptar a sujetos como donantes.

La frecuencia de la deficiencia de hierro en donantes de sangre expresada en ferritina sérica menor de 15 µg/l, antes de la donación, fue de 5.20%. Estos hallazgos encontrados en la presente investigación no difieren de publicaciones que han tenido el mismo objetivo de estudio, así también como se asevera la diferencia que existe en la intensidad de la afección entre géneros (2).

La literatura muestra que la frecuencia de la deficiencia de hierro es alta en donantes de sangre y que está asociada a la historia de donaciones (31). Se describen que su asociación depende más con la frecuencia de las donaciones que al número acumulado de donaciones. Pasricha (39) y Radtke (40) reportaron que a mayor número de donaciones en el año anterior, menor concentración de ferritina sérica. Birgegard (41) además, informa que dicho efecto se evidenció principalmente en mujeres.

En contraste a dichos hallazgos, en nuestra investigación no se evidenciaron resultados significativos que indiquen que exista una mayor probabilidad de presentar déficit en las reservas de hierro en los donantes subsecuentes que en los donantes de primera vez. Posiblemente estos resultados no sean como los esperados ya que en nuestro país la cultura de donación no se encuentra totalmente afianzada, y casi todos los donantes donan

entre periodos muy largos de tiempo, lo que impide valorar la afectación de la frecuencia de la donación en los niveles de ferritina sérica.

Un meta-análisis realizado por Mantilla y colaboradores (2) indica una mayor prevalencia de deficiencia de hierro en donadoras de primera vez, lo que da cuenta de las pérdidas fisiológicas en este género por menstruación y embarazo, y que explica que las mujeres con donaciones subsecuentes solo tengan 2 veces más riesgo de sufrir deficiencia de hierro que las de primera vez, a diferencia del hombre donador subsecuente, en quienes se halló un riesgo de 17 veces más que los que nunca han donado.

En el sexo femenino, antes de ser donantes ya se evidencia deficiencia de hierro en mayor porcentaje que los hombres; después de la donación permanecen deficientes, por lo que se podría subestimar el efecto de la repetitividad. Por el contrario, en los hombres donantes de primera vez, quienes no son deficientes, sí se observa de forma acentuada el efecto de las donaciones repetitivas (42).

Las mujeres tienen menor capacidad para recuperar la reserva de hierro. Varios estudios han evidenciado que las mujeres en edad reproductiva tienen pérdidas de hierro aumentadas, esto, acompañado habitualmente de una subadecuada ingesta del micronutriente y reservas de hierro limítrofes (49).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En el análisis demográfico de los donantes de la Cruz Roja de Chimborazo, los varones son el porcentaje mayoritario; con una relación 1,8/1 (Hombre/Mujer).
- El mayor número de donantes están comprendidos entre los 17 y 45 años y con una menor frecuencia los donantes mayores de 45 años de edad.
- La media del descenso global de hemoglobina fue de 0.65 g/dL, lo que representa el 4.07% de la media inicial de hemoglobina. Se evidenció diferencia notoria en cuanto a sexos, siendo de 1.4% en hombres y 9.31% en mujeres.
- En cuanto a la disminución de hemoglobina de acuerdo a grupos etarios e historia de donaciones, no existe mucha variación entre cada grupo.
- Debido a que en Chimborazo se aceptan donantes con niveles de hemoglobina mayores a 14 g/dL, inicialmente nadie tenía niveles más bajos del valor indicado, sin embargo después de 45 a 60 días, un 17.7% de los donantes presentó anemia catalogada por valores de hemoglobina inferiores al rango normal por sexo.
- Se pudo observar que los niveles de ferritina sérica sufrieron un descenso importante en todos los casos, de manera global la media fue de 54.20 µg/L, que corresponde a 47.71% de su valor inicial.
- En cuanto al sexo, se evidenció un mayor descenso absoluto de ferritina en hombres, con una media de 69.55±58.04 µg/L, mientras que en mujeres fue de 26.19±15.33 µg/L, sin embargo el descenso relativo de ferritina fue mayor en mujeres con un 56.7%, mientras que en hombres fue de 46.2% respecto al valor pre donación.

- Al momento de la donación, 5.20% donantes presentaron niveles de ferritina menores a 15 µg/L (depleción de las reservas de hierro), luego de 58.7 días aproximadamente este porcentaje ascendió a 22.91%.
- Del 5.20% de los donantes que tuvieron depleción de las reservas de hierro inicialmente, un 40% desarrolló anemia.
- Del 22.91% que presentó depleción de las reservas de hierro post donación, un 22.72% tuvo anemia.
- De los donantes que presentaron niveles inferiores a 15 µg/L de ferritina en la toma inicial, un 60% son mujeres, esto puede ser debido a la menstruación.
- Las mujeres donantes tienen 1,81 más probabilidad de presentar anemia que los hombres tras la donación.
- Los donantes mayores a 30 años tienen 1.39 más probabilidad de presentar anemia que los menores de esa edad.
- Los donantes subsecuentes presentaron 1.78 más probabilidad de desarrollar anemia tras la donación que los donantes de primera vez.
- En cuanto la relación entre anemia y: sexo, edad e historia de donaciones no tuvo significancia estadística.
- Las mujeres donantes tienen 14.64 veces más probabilidad que los hombres de desarrollar déficit de ferritina tras la donación.
- De la misma manera las personas de 30 años o menos tienen 3.52 veces más probabilidad de llegar a niveles bajos de ferritina que los donantes mayores de 30 años.

- Las relaciones entre déficit de las reservas de hierro post donación con sexo femenino y edad de 30 años o menos, son estadísticamente significativas.
- Los donantes subsecuentes tienen 1.3 más probabilidad de presentar déficit de las reservas de hierro corporal, que los donantes de primera vez
- La relación entre niveles bajos de ferritina post donación y donaciones previas no mostró ser estadísticamente significativa.
- La determinación de hemoglobina como única prueba de selección, no es suficiente para identificar y excluir a individuos con deficiencia de hierro, a pesar de presentar niveles de hemoglobina aceptables.
- Es de importancia mencionar que a pesar de los múltiples estudios sobre metabolismo del hierro y su deficiencia, se encuentra poca literatura aplicada al donante, situación que presume el enfoque de las investigaciones en banco de sangre en problemáticas diferentes como la prevalencia de infecciones transmitidas por transfusiones, evento que supone mayor interés en el receptor, a pesar de que el código de ética de la donación y la transfusión explicita la necesidad de garantizar la salud del donante (43).

6.2. RECOMENDACIONES

- La frecuencia de donantes de sangre aceptados con niveles bajos de ferritina encontrada en este estudio sugiere la necesidad de utilizar pruebas de laboratorio complementarias.
- Se debe asegurar que la población de donantes tenga adecuadas reservas de hierro corporal para evitar en lo posible efectos indeseables de la deficiencia de hierro, como cambios en la función inmune, metabolismo energético y rendimiento en el trabajo, algunas de ellas claramente relacionadas con la donación repetida y el sexo.
- No se cuenta con la suficiente evidencia para recomendar que la medición ferritina sérica pueda reemplazar o complementar la determinación de hemoglobina, sin embargo debido al impacto en la salud del donante se deben realizar más estudios al respecto.
- Las entidades relacionadas con el manejo de bancos de sangre deben plantear programas especiales dirigidos a grupos de riesgo, con mediciones periódicas de ferritina sérica, evaluando una posible disminución en la frecuencia de la donación, así como educación sobre el tema, con especial atención en la importancia de desarrollar hábitos alimentarios adecuados, toma de suplementos ricos en hierro o ambos, para preservar la salud de los donantes.
- Actualmente se acepta que las mujeres pueden donar sangre cada 4 meses, y los hombres cada 3; estos intervalos de tiempo deben ser evaluados según características más individualizadas.

- Se debe realizar un seguimiento a los donantes, al menos de los que tienen más riesgo de tener niveles bajos de hierro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yousefinejad V, Darvishi N, Arabzadeh M, et al. The evaluation of iron deficiency and anemia in male blood donors with other related factors. *Asian J Transfus Sci.* Jul 2010; 4(2): 123–127.
2. Mantilla-Gutiérrez C, Cardona-Arias J. Prevalencia de la deficiencia de hierro en donantes de sangre. Revisión bibliográfica del período 2001-2011. *Rev Esp Salud Pública* 2012; 86: 357-369.
3. Goldman M. Iron status in Canadian Blood Services donors. *Transfusion Medicine* 2013; 1-9.
4. Waldvogel-Abramovski S, Waeber G, Gassner C, et al. Review: Iron and transfusion medicine. *Blood reviews* 2013; 27: 6, pag. 289-295.
5. Badami K, Taylor K. Iron status and risk-profiling for deficiency in New Zealand blood donors. *New Zealand Medical Journal* 2008; Vol 121 No 1274.
6. Boulahriss M, Benchemsi N. Iron deficiency in frequent and first time female blood donors. *East African Journal of Public Health* 2008; Vol 5 No 3.
7. Rojas L, Luna L, et al. Reacciones adversas a la donación de sangre. *Revista mexicana de enfermería cardiológica* 2007; Vol 15, No 2, pag 42-46.
8. García Loera A. Reacciones adversas a la donación. *Asociación mexicana de medicina transfusional* 2010; Vol 3, Supl 1, pag S65-S70.
9. Sorensen B, Johnsen S, Jorgensen J. Complications related to blood donation: a population-based study. *Vox Sanguinis* 2008; Vol 94, pag 132–137.
10. Guevara A, et al. Manual de promoción capacitación y selección de donantes de sangre. Ministerio de Salud, Gobierno de El Salvador. Oct 2010.
11. Mantilla C, Cardona J, Escobar R. Caracterización clínica y hematológica de donantes a repetición de un banco de sangre de Medellin-Colombia 2011. *Medicina & Laboratorio*:

Programa de Educación Médica Continua Certificada, Universidad de Antioquia, Edimeco 2012; Vol 18, Num 9-10, pag 459-470.

12. Neufeld L, García A, Sánchez D, Sánchez O, Ramirez M, Rivera J. Hemoglobin measured by HemoCue® and a reference method in venous and capillary blood: A validation study. Salud Publica Mex 2002; Vol 44, pag 219-227.

13. Cruz J, Carter K, et al. Elegibilidad para la donación de sangre: Recomendaciones para la Educación y la Selección de Donantes Potenciales de Sangre. Organización Panamericana de la Salud 2009.

14. HemoCue® Ab. HemoCue® Hb 301, Manual de funcionamiento.

15. RADIM s.A.p. Ferritina (Ref. NPP38N). Reactivos para la determinación cuantitativa de ferritina en el suero humano con método nefelométrico.

16. Coy L, Castillo M, Mora A, Oliveros A, Velez Z. Estrategias diagnósticas utilizadas para detectar deficiencias de hierro subclínicas y asociadas a enfermedades crónicas. NOVA Publicación Científica, 2005; Vol 3 No 04, pag 58-68.

17. Roche Diagnostics GmbH. Manual Ferritin, Cobas en español. 2014

18. World Health Organization. Blood Donor Selection: Guidelines on Assessing Donor Suitability for Blood Donation. 2012.

19. Subinay D, Mrinal P, Chinmoy G. Research article effect of frequent blood donation on iron status of blood donors in Burdwan, West Bengal, India 2011. Journal of Drug Delivery & Therapeutics, 2013; Vol 3, No 6, pag 66-69.

20. Bart T, et al. Manual de gestión de donantes. Proyecto TOMAINE. Países Bajos, 2011

21. Jaime J, Gomez D. Hematología. La sangre y sus enfermedades. Tercera edición. 2012.

22. Beutler, Ernest Williams. Hematología. Editorial Marban. Sexta edición España, 2007.

23. Pérez A. O. El estomatólogo, su relación con el dolor y la sangre. BVS Cuba. 2008

- 24.** Instituto Químico Biológico. Atlas de hematología. Disponible en: <<http://www.iqb.es/hematologia/atlas/toc00.htm>>. España. Última actualización 02/2014.
- 25.** Milman N, Sondergaard M. Iron stores in male blood donors evaluated by serum ferritin. *Transfusion* 1984; 24: 464-468.
- 26.** Baynes RD. Iron deficiency. In: Brock JH, Halliday JW, Pippard MJ, Powell LW (eds.). *Iron metabolism in health disease*. London: WB Saunders; 1994. p. 189-225.
- 27.** Jacobs A Miller F, Worwood M, et al. Ferritin in the serum of normal subjects and patients with iron deficiency and iron overload. *Br Med J* 1972; 4: 206-p.final
- 28.** Lipschitz DA, Cook JD, Finch CA. A clinical evaluation of ferritin as an index on iron store. *N Engl J Med* 1974; 290: 1213-1216.
- 29.** Aisen P. Current concepts in iron metabolism. *Clin Haematol* 1982; 11: 241-257.
- 30.** Milman N, Kirchhoff M. Influence of blood donation on iron stores assessed by serum ferritin and haemoglobin in a population survey of 1433 Danish males. *Eur J Haematol* 1991; 47: 134-139.
- 31.** Milman N, Pedersen NS, Visfeldt J. Serum ferritin concentrations and iron stores in normal subjects. Serum ferritin in healthy Danes: relation to marrow haemosiderin iron stores. *Dan Med Bull* 1983; 30: 115-120.
- 32.** Silber MH, Richardson JW. Multiple blood donations associated with iron deficiency in patients with restless legs syndrome. *Mayo Clin Proc* 2003; 78: 52-54.
- 33.** OMS. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. Departamento de Nutrición para la Salud y el Desarrollo. Ginebra, Suiza. 2011.
- 34.** Domellöf M., et al. The diagnostic criteria for iron deficiency in infants should be reevaluated. *Journal of Nutrition*. 2002.

- 35.** Gibson R. Principles of nutritional assessment, 2.^a ed. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido. 2005.
- 36.** RADIM S.p.A. Ferritina. Reactivos para la determinación cuantitativa de ferritina en el suero humano con método nefelométrico.
- 37.** World Health Organization. Serum ferritin concentrations for the assessment of iron status and iron deficiency in populations. 2011.
- 38.** Ramakrishnan U. Prevalence of micronutrient malnutrition worldwide. Nutr Rev. 002; 60 (5 Pt 2): S46- S52.
- 39.** Paredes A.; Palomino F; Florintin E; et al. Ferritina sérica en mujeres de 15 - 30 años a nivel del mar y en la altura. Acta Médica Peruana, vol. 29, núm. 4, octubre-diciembre, 2012, pp. 185-189. Colegio Médico del Perú. Lima, Perú
- 40.** Pasricha SR, McQuilten ZK, Keller AJ, Wood EM. Hemoglobin and iron indices in nonanemic premenopausal blood donors predict future deferral from whole blood donation. Transfusion. 2011; 51(12):2709-13.
- 41.** Radtke H, Meyer T, Kalus U, Rocker L, Salama A, Kiesewetter H, et al. Rapid identification of iron deficiency in blood donors with red cell indexes provided by Advia 120. Transfusion. 2005; 45(1):5-10.
- 42.** Birgegard G, Schneider K, Ulfberg J. High incidence of iron depletion and restless leg syndrome (RLS) in regular blood donors: intravenous iron sucrose substitution more effective than oral iron. Vox Sang. 2010;99(4):354-61.
- 43.** Cogswell ME, Looker AC, Pfeiffer CM, Cook JD, Lacher DA, Beard JL, et al. Assessment of iron deficiency in US preschool children and nonpregnant females of childbearing age: National Health and Nutrition Examination Survey 2003-2006. Am J Clin Nutr. 2009; 89(5):1334-42.

- 44.** González L, de Jesús A. Evolución del método de transfusión sanguínea y alternativas terapéuticas. Medisan. 2010; 14(7):982-93.
- 45.** McKenzie S, et al. Hematología Clínica. Segunda Edición. Editorial El Manual Moderno. 2000.
- 46.** O'Reilly E. Respiration and Gas Transport. Studyblue. Disponible en: <<https://www.studyblue.com/#flashcard/view/1687967>>. 2014

ANEXOS

A) CONSENTIMIENTO INFORMADO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

**CAMBIOS EN LA HEMOGLOBINA Y FERRITINA EN DONANTES DE SANGRE TOTAL
DESPUES DE 45 A 60 DÍAS DE LA DONACIÓN DURANTE EL PERIODO DE AGOSTO-
OCTUBRE 2014 EN LA CRUZ ROJA DE CHIMBORAZO, ECUADOR.**

Nombre de las investigadoras: Daniela Estefanía Barrigas Jácome – Fedra Daniela Vela Merino

Información: Somos Daniela Estefanía Barrigas Jácome y Fedra Daniela Vela Merino, estudiamos en la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, estamos investigando sobre cambios en 2 componentes de la sangre después de la donación, usted no está obligado a participar en esta investigación, antes de decidirse, puede hablar con alguien que se sienta cómodo sobre la investigación.

Puede que haya algunas palabras que no entienda. Podemos hacer una pausa según le informo para darme tiempo a explicarle. Si tiene preguntas más tarde, puede preguntar en cualquier momento.

Para esta investigación necesitaremos su gentil colaboración en este momento y en 45 a 60 días, por lo cual necesitamos su información personal para contactarle en el futuro.

El día de hoy se tomará una pequeña muestra adicional en el momento de su donación, para medir el nivel de reservas de hierro que usted tiene en su sangre, además tomaremos

su nivel de hemoglobina que le miden para saber si puede donar. En 45 a 60 días después de esta donación, le llamaremos y le pediremos que se acerque a las instalaciones de la Cruz Roja de Chimborazo para tomar una nueva muestra y así poder medir nuevamente los mismos valores de su sangre.

Al incluirse en este proyecto usted no corre riesgos ni posibilidad de sufrir efectos secundarios asociados a la investigación, fuera de los posibles efectos asociados a la misma donación.

Sus datos personales, así como los valores obtenidos de su muestra de sangre son totalmente confidenciales, una vez que entre a la investigación, si así decide hacerlo, se le asignará un código para garantizar su privacidad.

Usted puede abandonar el proyecto si así lo desea, sin embargo le pedimos amablemente participar únicamente si está dispuesto a acudir en 45 a 60 días para su seguimiento, se le llamará a los números proporcionados.

Participante:

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.

Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi atención.

Nombre del Donante: _____

Firma: _____

Fecha _____

Técnico del Banco de Sangre:

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Técnico: _____

Firma: _____

Fecha _____

B) HOJA DE RUTA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

**CAMBIOS EN LA HEMOGLOBINA Y FERRITINA EN DONANTES DE SANGRE TOTAL
DESPUES DE 45 A 60 DÍAS DE LA DONACIÓN DURANTE EL PERIODO DE AGOSTO-
OCTUBRE 2014 EN LA CRUZ ROJA DE CHIMBORAZO, ECUADOR.**

Código: _____ **Fecha:** _____

Nombre: _____

Número de teléfono: _____/_____/_____

Dirección: _____

Sexo: M H **Edad:** _____

Ocupación: _____

Donación número: _____

Fecha de última donación: _____

HB: _____ **Ferritina:** _____

Control en 45 a 60 días:

Fecha: _____

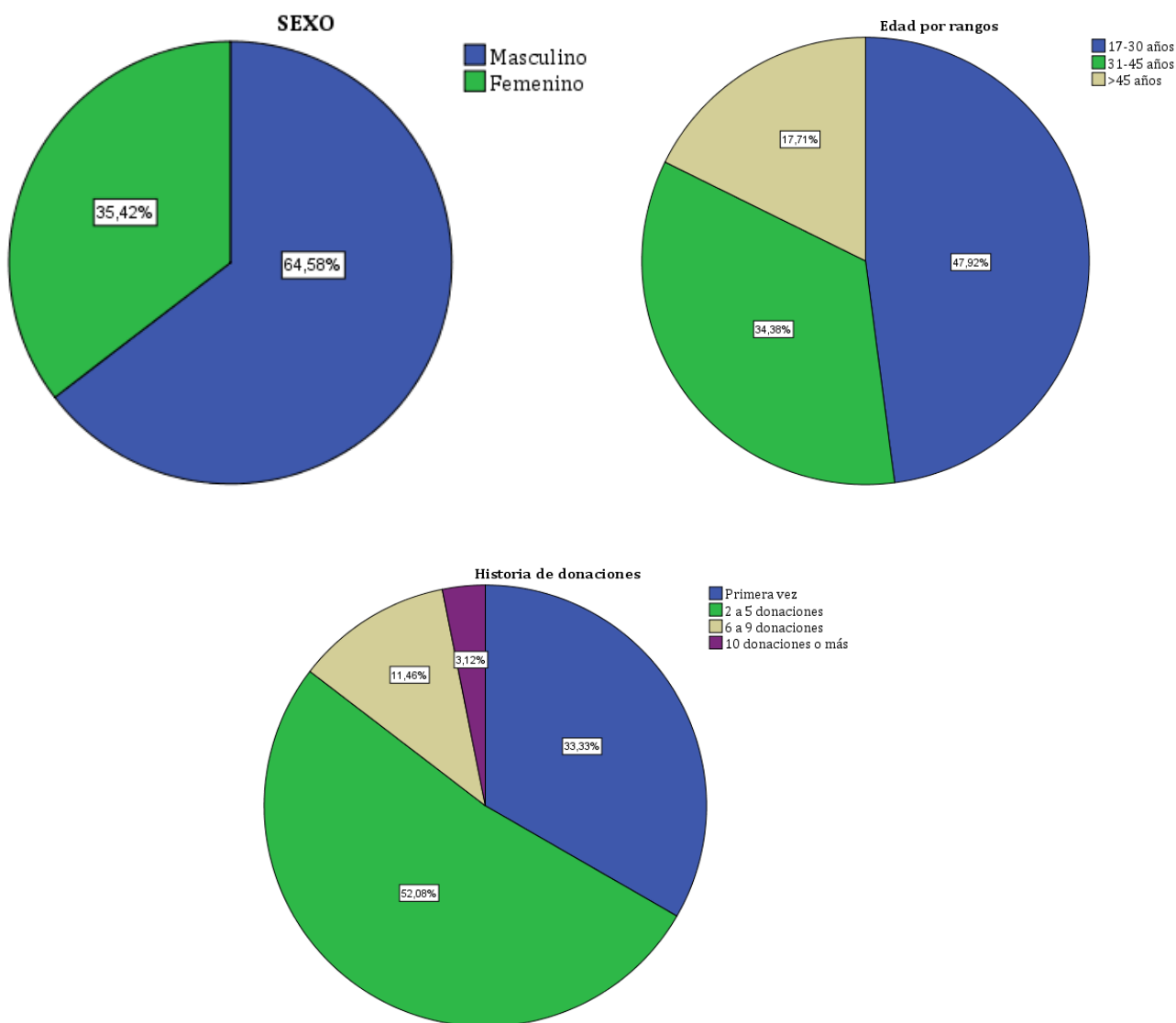
HB: _____ **Ferritina:** _____

C) INDICACIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DE COMPONENTES SANGUÍNEOS

Componente	Composición	Volumen	Indicaciones y respuesta
Sangre total	Eritrocitos y plasma (Hcto 40%); leucocitos y plaquetas no funcionales	500 ml	Aumentar la masa de eritrocitos y el volumen plasmático (plasma deficiente en los factores lábiles V y VIII); en el tratamiento de la anemia hipovolémica, transfusión masiva y exanguíneotransfusión en recién nacidos.
Concentrado de eritrocitos o paquete globular	Eritrocitos, plasma reducido, leucocitos y plaquetas no funcionales	250 ml	Aumentar la masa de eritrocitos en anemia sintomática; 10ml/Kg elevan el hematocrito en 10 % en pacientes de 70 Kg.
Eritrocitos leucorreducidos; paquete globular desleucocitado	>85% del volumen original de eritrocitos; <5 x 10 ⁶ leucocitos.	>85% del volumen original	Aumentar la masa de eritrocitos; <5 x 10 ⁶ leucocitos, para disminuir el riesgo de inmunización a los antígenos HLA leucocitarios, o la transmisión de CMV. Prevenir la reacción febril.
Concentrados plaquetarios	Plaquetas (5.5 x 10 ¹⁰ /unidad); eritrocitos, leucocitos, plasma.	50 ml	Sangrado por trombocitopatía; 1 unidad/10 Kg aumenta la cuenta plaquetaria en 7500/μg a la hora y en 4500 /μg a las 24 horas.
Plaquetas, aféresis	Plaquetas (3 x 10 ¹¹ /unidad); eritrocitos, leucocitos, plasma.	300 ml	Igual que para los concentrados plaquetarios, equivale a 6 concentrados plaquetarios; en el estado refractario se emplean plaquetas HLA-compatibles. Incrementa la cuneta plaquetaria en >30000/μg.
Plasma fresco congelado (PFC)	Contiene todos los factores de coagulación Una unidad internacional de cada factor/ ml	200 ml	Tratamiento de algunos problemas de coagulación; 10 ml/Kg de PFC elevan los niveles de factores a un máximo de 25%
Crioprecipitado, factor antihemofílico.	Fibrinógeno; factores VIII y XIII; factor de von Willebrand	15 ml	Deficiencia de fibrinógeno, 1 unidad/5Kg eleva el fibrinógeno en 70mg/ 100ml; deficiencia del factor XIII; en algunos casos de hemofilia A, enfermedad de von Willebrand; goma de fibrina.

Fuente: Williams. Hematología, 2007. Pag 215.

D) GRÁFICAS DE CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA DE LA MUESTRA DE DONANTES



Fuente: Datos obtenidos en septiembre – octubre del 2014 en donantes voluntarios de sangre de la Cruz Roja de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
Elaborado por: Daniela Barrigas – Daniela Vela